Travaux public Canada
Bureau des programmes
solaires

**FCHART**
**Version 4.1**

**Programme de conception**
**d'installations de chauffage**
**à l'énergie solaire**

**Décembre 1982**

---

**Assistance et information:**

K. Ford
Ingénieur, aides à la conception
Bureau des programmes solaires
Immeuble sur Charles Tupper
Promenade Riverside
Ottawa (Ontario)
K1A 0M2

**(613) 998-3641**

---

**Ce document ne constitue pas une publication du ministère.**
**A ne pas citer comme référence ou cataloguer dans une bibliothèque.**

Remerciements

Le présent manuel porte sur une adaptation réalisée par le Bureau des programmes solaires de Travaux publics Canada de la version 4.1 du programme FCHART, dans le but de l'utiliser avec les systèmes d'ordinateur IBM ou CDC et avec des données météorologiques et solaires pour 97 endroits différents au Canada. Les résultats que nous vous présentons ont été basés sur le EES Report 50 du laboratoire d'énergie solaire de l'Université du Wisconsin.
Le programme FCHART et la méthode de conception f-chart sur laquelle il est basé ont été élaborés par le laboratoire d'énergie solaire de la Station d'expériences énergétiques de l'Université du Wisconsin.
Les travaux de recherche et de mise au point du programme ont été réalisés grâce à l'aide financière de la Solar Heating and Cooling Development Branch, Office of Energy Conservation and Solar Applications, U.S. Department of Energy.

Responsabilité de l'utilisateur

Les utilisateurs sont responsables de la validité de l'information produite par le programme FCHART 4.1. Par conséquent, le programme ne devrait pas être utilisé par des personnes qui ne connaissent pas vraiment le domaine technique auquel il s'applique. Ni Travaux publics Canada ni aucune autre personne agissant au nom du Ministère ne fournit aucune garantie ou n'assume aucune responsabilité quant à la précision, l'exhaustivité et l'utilité de toute information produite par le programme.

## TABLE DES MATIÈRES


page

Préface vi

Liste de symboles utilisés vii

SECTION 1 - FAITES CONNAISSANCE AVEC FCHART

Chapitre 1 - Introduction 3

Chapitre 2 - Exemple d'utilisation 6

SECTION 2 - GUIDE DE L'UTILISATEUR

Chapitre 3 - Installations et description d'installations 23

3.1 Installations 23
3.1.1 Chauffage par transfert 23
3.1.2 Chauffage des pièces et de l'eau à l'aide d'un liquide 27
3.1.3 Chauffage à air des pièces et de l'eau 28
3.2 Description d'installations pour FCHART 32
3.2.1 Réponses aux questions associées à la description d'installations 33
3.2.2 Impression de la description de votre installation 35
3.2.3 Description rapide de l'installation 36
3.2.4 Modification des descriptions d'installations 40

Chapitre 4 - Paramètres 42

4.1 Groupes de paramètres 42
4.2 Valeurs assumées par défaut et unités 43
4.3 Modification des valeurs de paramètres 44
4.4 Changement de valeur de paramètre d'un mois à l'autre 44
4.5 Description des paramètres 46
4.5.1 Paramètres associés au collecteur 46
4.5.2 Paramètres de transport collecteur - dispositif d'emmagasinement 50
4.5.3 Paramètres associés au dispositif d'emmagasinement 51
4.5.4 Paramètres associés au dispositif de transfert 54
4.5.5 Paramètres associés à la charge 55
4.5.6 Paramètres associés aux auxiliaires 57
4.5.7 Paramètres associés aux aspects économiques 58

Chapitre 5 - Comment procéder à une analyse ou série d'analyses 64

5.1 L'instruction RUN 65
5.1.1 Exemples 65
5.2 Présentation des résultats d'analyse 66
5.3 L'instruction LOOP 67
5.3.1 Exemples 68
5.4 L'instruction OPTIMIZE 69
5.5 Interactions entre RUN, LOOP et OPTIMIZE 69
5.6 Données d'optimalisation et données associées à LOOP 70
5.7 Exemples d'utilisation de LOOP et OPTIMIZE 75

Chapitre 6 - Aspects économiques 84

6.1 Analyse de base des coûts étalés sur la durée de vie d'une installation 87
6.2 Comparaison des coûts étalés sur la durée de vie d'une installation pour différentes installations 95
6.3 Introduction des données de coûts de combustibles 100
6.4 Exemple 104

Chapitre 7 - Données météorologiques 122

7.1 Énumération de données météorologiques 123
7.2.1 Accès à la banque de données externe 124
7.2.2 Choix d'une municipalité 124
7.3 Modification du contenu de la banque de données interne 125
7.4 Comment conserver et obtenir le contenu de la banque de données interne 130

Chapitre 8 - Thermopompes et données associées aux thermopompes 131

8.1 Énumération des données sur les thermopompes 132
8.2 Introduction de données associées aux thermopompes 132
8.2.1 Exemple 133
8.3 Modification des données sur les thermopompes 135
8.4 Comment conserver et obtenir des données associées aux thermopompes 136

Chapitre 9 - Utilisation de fichiers avec FCHART (KEEP et GET) 137

SECTION 3 - MÉTHODES D'ANALYSE THERMIQUE

Chapitre 10 - Analyse des installations de chauffage actif à l'énergie solaire 143

10.1 Paramètres de collecteur et introduction de données 143
10.1.1 Résultats d'essai de collecteurs 144
10.1.2 Coefficient d'utilisation 147

10.1.3 Évaluation de HT 150
10.1.4 Évaluation de Fr(ta) 152
10.1.5 Modification de FrUl et Fr(ta)n pour le dispositif de transport 157
10.2 Installations de chauffage à substance liquide 160
10.2.1 Chauffage des pièces et procédés en circuit fermé 161
10.2.2 Installation de chauffage de l'eau domestique à circuit ouvert 171
10.2.3 Chauffage combiné des pièces et de l'eau 175
10.3 Chauffage à air à l'énergie solaire 176
10.4 Charges et auxiliaires 180

Bibliographie 183

ANNEXES

Annexe A - Valeurs des paramètres 186

A.1 Valeurs assumées par défaut 186
A.2 Contraintes associées aux paramètres 194
A.3 Modèles de feuille de travail 197

Annexe B - Énumération des municipalités 207

B.1 Endroits utilisés par défaut dans la banque interne 208
B.2 Liste alphabétique 209
B.3 Données associées à des villes canadiennes utilisées dans FCHART 211
B.4 Carte du Canada indiquant les municipalités 219

Annexe C - Comment accroître les possibilités offertes par FCHART 220

## Préface

Le programme FCHART 4.0 incorpore plusieurs méthodes de conception d'installations de chauffage actif et chauffage par thermopompe à l'énergie solaire qui ont été élaborées à l'Université du Wisconsin ces dernières années.Dans tous les cas, les performances du système sont calculées à partir des caractéristiques de l'équipement et de données météorologiques moyennes mensuelles. Grâce à ce programme interactif, l'utilisateur peut décrire le système étudié et procéder à diverses analyses thermiques et économiques.

Le manuel de l'utilisateur comporte trois sections principales. La première, intitulée "Faites connaissance avec FCHART", permet à celui qui utilise FCHART pour la première fois de s'y retrouver. On y décrit brièvement les possibilités offertes par FCHART et un exemple d'utilisation de FCHART est fourni. La seconde section constitue un guide pour utilisateur et explique en détail les possibilités de FCHART et la façon d'y avoir accès. Il s'agit là d'une bonne section de référence pour celui qui est déjà quelque peu familier avec FCHART. La section 3 a été conçue pour celui qui s'intéresse aux méthodes et hypothèses de conception incorporées dans FCHART.

## LISTE DE SYMBOLES UTILISÉS*

| | |
|---|---|
| $A_c$ | superficie de collecteur |
| $\overline{COP}$ | coefficient de rendement moyen de thermopompe |
| $C_p$ | chaleur spécifique |
| $c_s$ | capacité d'emmagasinement |
| DD | degré-jours |
| $F_{DHW}$ | fraction de la demande domestique en eau chaude satisfaite par énergie solaire |
| $F_{gnd}$ | facteur de vision d'un récepteur collecteur vers le sol |
| $F_{NP}$ | fraction de la demande globale qui n'est pas de l'énergie achetée |
| $F_R$ | coefficient de rendement d'extraction de chaleur du collecteur |
| $F_R U_L$ | pente négative de la courbe de rendement du collecteur |
| $F_R(\tau\alpha)_n$ | point d'intersection du prolongement de la courbe de rendement du collecteur |
| $F_R(\overline{\tau\alpha})$ | point d'interception corrigé pour incidence solaire non normale |
| $F'_R U_L$ | $F_R U_L$ modifié pour tenir compte de l'échangeur de chaleur collecteur-emmagasinement |
| $F'_R(\tau\alpha)_n$ | $F_R(\tau\alpha)_n$ modifié pour tenir compte de l'échangeur de chaleur collecteur-emmagasinement |
| $F_R U'_L$ | $F_R U_L$ modifié pour tenir compte des pertes de chaleur des tuyaux ou conduites du collecteur |
| $F_R(\tau\alpha)'_n$ | $F_R(\tau\alpha)_n$ modifié pour tenir compte des pertes de chaleur des tuyaux ou conduites du collecteur |
| $F_R{}^* U_L$ | $F_R U_L$ modifié pour tenir compte des fuites dans les conduites d'air |
| $F_R{}^*(\tau\alpha)_n$ | $F_R(\tau\alpha)_n$ modifié pour tenir compte des fuites dans les conduites d'air |
| $F_{SH}$ | fraction de la demande d'énergie pour chauffer les pièces qui n'est pas de l'énergie achetée |
| $F_{SKY}$ | facteur de vision du récepteur collecteur vers le ciel |

* Cette liste comprend la plupart mais non l'ensemble des symboles utilisés dans cette section. Certains autres sont définis au besoin.

| | |
|---|---|
| $F'$ | coefficient de rendement du collecteur |
| $G$ | radiation instantanée globale sur une surface horizontale |
| $G_b$ | radiation instantanée de faisceau sur une surface horizontale |
| $G_c$ | niveau de radiation critique nécessaire à un captage net d'énergie utile |
| $\overline{G}_c$ | niveau critique moyen mensuel qui détermine le captage d'énergie nécessaire |
| $G_d$ | radiation instantanée diffuse sur une surface horizontale |
| $G_T$ | radiation instantanée sur une surface inclinée |
| $\overline{H}$ | moyenne de radiation quotidienne établie sur un mois sur une surface horizontale |
| $\overline{H}_{COLL}$ | moyenne de radiation quotidienne établie sur un mois sur une surface de collecteur au cours de l'exploitation |
| $\overline{H}_d/\overline{H}$ | fraction en radiation diffuse moyenne mensuelle |
| $\overline{H}_T$ | moyenne de radiation quotidienne établie sur un mois sur une surface inclinée |
| $L$ | demande d'énergie |
| $L_R$ | rapport du débit des fuites d'air au débit à la sortie du collecteur |
| $\dot{m}$ | débit massique |
| $M_w$ | quantité (masse) d'eau chaude domestique utilisée par mois |
| $N$ | nombre de jours par mois |
| $Q_{ATM}$ | énergie absorbée par l'évaporateur d'une thermopompe air-air |
| $\dot{Q}_{CAP}$ | capacité de thermopompe |
| $Q_D$ | énergie fournie à la charge par le dispositif de transport |
| $Q'_D$ | énergie fournie à la charge par le dispositif de transport et l'auxiliaire primaire |

| | |
|---|---|
| $Q_{DHW}$ | énergie fournie à la charge d'eau chaude domestique par l'installation solaire |
| $Q_{LS}$ | pertes en énergie emmagasinée |
| $Q_{PUR}$ | énergie achetée |
| $Q_S$ | énergie solaire fournie par le système d'emmagasinement à la charge |
| $Q_{S\|max}$ | maximum d'énergie qui peut être fournie par le système d'emmagasinement lorsque le dispositif de transport satisfait à la demande |
| $Q_{SH}$ | énergie fournie par le système d'emmagasinement pour satisfaire à la demande pour chauffer les pièces |
| $Q_u$ | captage net d'énergie utile |
| $\overline{R}$ | rapport de la radiation quotidienne moyenne sur une surface inclinée à la radiation quotidienne moyenne sur une surface horizontale pour une journée moyenne |
| $R_b$ | rapport de la radiation instantanée de faisceau sur une surface inclinée à la radiation instantanée de faisceau sur une surface horizontale |
| $t$ | temps |
| $T$ | température d'emmagasinement |
| $\overline{T}$ | température d'emmagasinement moyenne mensuelle |
| $T_a$ | température ambiante |
| $\overline{T}_{da}$ | température ambiante moyenne mensuelle le jour |
| $T_{av}$ | température de plaque moyenne du collecteur |
| $T_b$ | température d'ébullition du milieu d'emmagasinement |
| $T_{env}$ | température environnante pour les pertes d'emmagasinement |
| $T_F$ | température d'emmagasinement mensuel finale |
| $T_i$ | température à l'entrée du collecteur |
| $T_I$ | température d'emmagasinement mensuel initial |

| | |
|---|---|
| $T_{main}$ | température des conduites principales d'eau |
| $T_{min}$ | minimum de température d'emmagasinement utile |
| $T_o$ | température à la sortie du collecteur |
| $T_R$ | température d'entrée du côté froid de l'échangeur de chaleur de charge |
| $\bar{T}_S$ | température d'alimentation moyenne mensuelle du système d'emmagasinement si le dispositif de transport fonctionnait sans interruption à l'occasion d'une demande |
| $T_{set}$ | température fixe désirée pour l'eau chaude domestique |
| $U_L$ | coefficient de pertes du collecteur |
| $(UA)_A$ | conductance pour les pertes du réservoir auxiliaire d'eau chaude domestique |
| $(UA)_i$ | conductance pour les pertes du tuyau ou de la conduite d'admission du collecteur |
| $(UA)_L$ | conductance globale pour les pertes du bâtiment |
| $(UA)_o$ | capacité pour les pertes du tuyau ou de la conduite d'admission du collecteur |
| $(UA)_T$ | conductance globale pour les pertes du réservoir d'emmagasinement |
| $\Delta t$ | intervalle de temps pendant lequel la demande survient au cours d'un mois |
| $\Delta t_m$ | intervalle de temps dans un mois |
| $\alpha$ | coefficient d'absorption du récepteur collecteur |
| $\beta$ | pente du collecteur |
| $^cC_{min}$ | efficacité-taux de capacité minimal d'un échangeur de chaleur |
| $\theta$ | angle d'incidence de radiation en faisceau |
| $\theta_c$ | demi-angle de réception de CPC |
| $\theta_z$ | angle au zénith |
| $\eta$ | efficacité thermique du collecteur |
| $\rho$ | coefficient de réflexion du sol |

| | |
|---|---|
| $\rho_d$ | coefficient de réflexion d'un couvercle pour radiation diffuse |
| $\tau$ | coefficient de transmission d'un couvercle |
| $(\tau\alpha)$ | produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption (efficacité optique) d'un collecteur |
| $(\overline{\tau\alpha})$ | produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption moyen mensuel |
| $(\overline{\tau\alpha})/(\tau\alpha)_n$ | rapport du produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption moyen mensuel au produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption à incidence normale |
| $(\tau\alpha)_d/(\tau\alpha)_n$ | rapport des produits coefficient de transmission-coefficient d'absorption pour la radiation diffuse |
| $(\tau\alpha)_n$ | produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption à incidence normale |
| $(\tau\alpha)_r/(\tau\alpha)_n$ | rapport des produits coefficient de transmission-coefficient d'absorption pour la radiation réfléchie du sol |
| $\overline{\phi}$ | coefficient d'utilisation moyen mensuel basé sur la quantité globale de radiation incidente |
| $\overline{\phi}_{max}$ | coefficient d'utilisation moyen mensuel si la température moyenne à l'entrée du collecteur est égale à $\overline{T}_S$ |
| $\phi_R$ | coefficient d'utilisation moyen mensuel basé sur la quantité de radiation incidente lorsque le collecteur fonctionne |

+ comme indice supérieur indique des valeurs positives seulement

. au-dessus d'un symbole indique un taux

DHW comme indice inférieur signifie "eau chaude domestique"

SH comme indice inférieur signifie "chauffage des pièces"

# SECTION 1 - FAITES CONNAISSANCE AVEC FCHART

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

FCHART est un programme d'ordinateur adaptable préparé pour l'analyse et la conception d'installations de chauffage actif et chauffage par thermopompe à l'énergie solaire. Grâce à ce programme interactif évident, l'utilisateur peut facilement décrire l'installation analysée et obtenir directement des tableaux de résultats de performances. À l'aide de méthodes élaborées à l'Université du Wisconsin pour évaluer les performances moyennes à longue échéance d'installations, FCHART permet de procéder à des analyses de coûts pour la durée de vie des installations, à des études d'optimalisation d'installations et à la manipulation de données météorologiques.

### TYPES D'INSTALLATIONS

Chauffage des pièces

Chauffage actif à air ou liquide à l'énergie solaire

Chauffage du milieu ambiant par thermopompes autonomes ou thermopompes assistées par l'énergie solaire.

Chauffage de l'eau chaude domestique

Installation combinée chauffage des pièces et de l'eau

Installations de chauffage de l'eau seulement.

Chauffage par transfert

Chauffage en circuit fermé par l'entremise d'un échangeur de chaleur ou d'une thermopompe.

### POSSIBILITÉS D'ANALYSE

**Collecteurs**

**Collecteur à plaque unie**

Concentrateurs composés paraboliques (pour installations utilisant un liquide comme substance de transfert d'énergie seulement)

Concentrateurs à formation d'image (localisation sur un ou deux axes; installations avec liquide comme substance de transfert d'énergie seulement)

Circuit collecteur-dispositif d'emmagasinement

Pertes de chaleur par les tuyaux ou conduites

Fuites dans les conduites d'air

Échangeur de chaleur

Dispositif d'emmagasinement

Réservoir pour liquide

Lit de pierres

Substance qui subit un changement de phase (chauffage des pièces à l'air seulement)

Échange de chaleur emmagasinement-charge

Échangeur de chaleur

Thermopompe (installations avec liquide comme substance de transfert d'énergie)

Méthodes de calcul des charges

Chauffage des pièces

Charges mensuelles fournies par l'utilisateur

Degré UA-jour

Chauffage de l'eau

Basé sur l'utilisation, la température fixée et la température des conduites principales (comprend les pertes du réservoir auxiliaire)

Chauffage par transfert

Totaux mensuels fournis par l'utilisateur

Chauffage auxiliaire (comme soutien de l'installation solaire)

Combustibles conventionnels (gaz, électricité, mazout)

Thermopompe autonome (chauffage des pièces)

Aspects économiques

Coûts d'achat et d'exploitation au cours d'une durée de vie

Comparaison de diverses possibilités

Optimalisation de n'importe quel paramètre de l'installation

La meilleure façon de vous familiariser avec FCHART est de vous exercer à l'aide de l'exemple donné au chapitre 2. Une fois familier avec le programme, vous pourrez feuilleter le reste du manuel. La section II constitue un guide pour l'utilisateur; on y trouve des explications plus détaillées concernant les possibilités offertes par FCHART et le mode d'accès. À la section III, on traite des méthodes utilisées dans les parties du programme qui traitent d'analyse thermique et on cite des références qui permettent d'avoir des renseignements supplémentaires.

## CHAPITRE 2

## EXEMPLE D'UTILISATION

Pour procéder à cette analyse d'une installation de chauffage des pièces d'un bâtiment à substance liquide comme moyen de transport d'énergie, il suffit de vous placer devant un terminal et commencer au début du programme. Dans ce qui suit, les extraits fournis par FCHART seront faciles à distinguer du texte, dont ils seront séparés par des lignes dépourvues de caractères. Vos réponses apparaîtront dans le texte en majuscules soulignées. Pour commencer, FCHART vous demande si vous désirez avoir des explications et vous donne un choix de trois réponses: YES, NO, et QUICK.

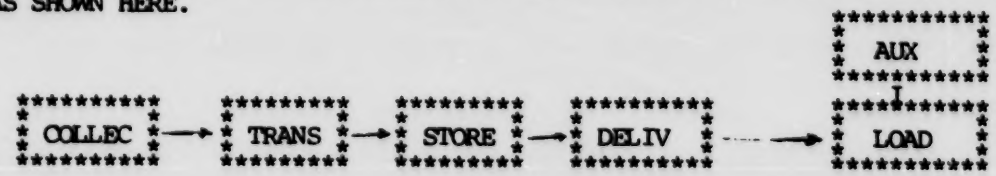
WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES, NO, QUICK)?

Puisque vous n'êtes pas familier avec ce programme, il faut répondre YES. Ceci entraîne l'apparition de l'explication suivante:

FCHART IS USEFUL FOR THE ANALYSIS AND DESIGN OF SOLAR AND HEAT PUMP HEATING SYSTEMS. ACTIVE SOLAR SYSTEMS MAY BE VISUALIZED AS SHOWN HERE.

yes

FCHART IS USEFUL FOR THE ANALYSIS AND DESIGN OF ACTIVE SOLAR AND HEAT PUMP HEATING SYSTEMS. ACTIVE SOLAR SYSTEMS MAY BE VISUALIZED AS SHOWN HERE.




COLLECTED SOLAR ENERGY IS TRANSFERRED TO STORAGE. A DELIVERY DEVICE SUPPLIES THIS ENERGY TO THE LOAD, WITH AUXILIARY EQUIPMENT MEETING ANY REMAINING ENERGY REQUIREMENT. A SPACE HEATING SYSTEM WITHOUT AN ACTIVE COLLECTOR IS CONSIDERED TO COMPRISE SOLELY A LOAD WITH AUXILIARY.

SINCE A SYSTEM CONSISTS OF A GROUP OF INTERACTING COMPONENTS HAVING SPECIFIC CHARACTERISTICS, FCHART REQUIRES YOU TO
(1) SELECT SYSTEM COMPONENTS BY ANSWERING A SERIES OF QUESTIONS
(2) SUPPLY VALUES FOR COMPONENT PARAMETERS (OR USE THE DEFAULTS)
THE SYSTEM DESCRIPTION QUESTIONS BEGIN BY ASKING FOR YOUR GENERAL SYSTEM TYPE AND THEN ASK ABOUT SPECIFIC COMPONENTS, PROCEEDING ACROSS THE ABOVE FIGURE FROM LEFT TO RIGHT. FOR AN ACTIVE SYSTEM, YOU WILL BE ASKED QUESTIONS ABOUT YOUR COLLECTOR, THEN THE METHOD OF ENERGY TRANSFER FROM THE COLLECTOR TO STORE, AND SO ON.
YOU MAY USE ANY PROGRAM COMMAND AS YOU GO ALONG. HERE ARE A FEW COMMANDS TO GET YOU STARTED:
HELP - TYPE HELP AT ANY POINT FOR INSTRUCTIONS OR ASSISTANCE
FORGET - PUTS YOU BACK AT THE TOP OF THE LIST OF QUESTIONS
DONE - TERMINATES FCHART SESSION.
REMEMBER, TYPE HELP WHENEVER YOU NEED IT.

Maintenant vous savez que FCHART vous pose des questions afin de connaître le type d'installation que vous avez et la façon dont vous voulez la représenter. Vous connaissez également trois instructions: HELP, FORGET et DONE. Il y a plusieurs autres instructions que vous pouvez connaître en utilisant l'instruction EXPLAIN, mais pour l'instant, il suffit que vous ne connaissiez que les questions utilisées pour obtenir la description de l'installation. Les questions qui vous seront posées dépendent des réponses que vous donnez. Si vous spécifiez une installation avec une substance liquide comme moyen de transport d'énergie, on ne vous demandera pas si l'installation comprend un lit de pierres. La première question est la suivante:

WHICH SYSTEM TYPE WOULD YOU LIKE TO CONSIDER (PROC, SPACE, SDHW, DHW)?

Si vous ne savez pas ce que signifient PROC, SPACE, SDHW et DHW, vous pouvez taper HELP afin d'avoir l'explication suivante:

```
help
     THE OPTIONS ARE
          PROC - PROCESS HEATING
          SPACE - SPACE HEATING (ONLY) SYSTEM
          SDHW - COMBINED SPACE AND DOMESTIC WATER HEATING
          DHW - DOMESTIC HOT WATER (ONLY) SYSTEM
     WHICH TYPE WOULD YOU LIKE TO CONSIDER (PROC, SPACE, SDHW, DHW)?
```

Pour l'exemple qui nous occupe, la réponse doit être SPACE. On vous demande ensuite de spécifier si vous avez une installation de chauffage actif à l'énergie solaire.

```
space
     DO YOU HAVE ACTIVE SOLAR SPACE HEATING (ACTIVE, NOACTIVE)?
```

Encore une fois, utilisez HELP si vous désirez savoir ce que ACTIVE et NOACTIVE signifient pour le programme FCHART.

```
help
    THE POSSIBILITIES ARE
        ACTIVE - ACTIVE SOLAR SYSTEM USED FOR SPACE HEATING
        NOACTIVE - NO ACTIVE SOLAR SPACE HEATING SYSTEM
             (ANSWER NOACTIVE FOR HEAT PUMP ONLY SYSTEM)
    DO YOU HAVE ACTIVE SOLAR SPACE HEATING (ACTIVE, NOACTIVE)?
```

Pour l'installation à substance liquide comme moyen de transport d'énergie qui nous occupe, répondre ACTIVE. Une installation NOACTIVE ne comporte qu'une charge et un auxiliaire et serait ce qu'il faut spécifier pour une installation de chauffage à thermopompe autonome.

Vous avez donc indiqué un "type d'installation" - une installation de chauffage actif des pièces. Les installations de chauffage actif comportent un collecteur, avec des dispositifs d'échange, d'emmagasinement et de transport, une charge et un équipement auxiliaire. Vous aurez maintenant à répondre à des questions concernant chacun de ces éléments, à commencer par le collecteur.

active

DO YOU HAVE A FLAT-PLATE, CPC, OR IMAGING COLLECTOR (FPLATE,CPC,IMAGE)?

Répondre FPLATE (utiliser HELP si vous ne connaissez pas la signification de FPLATE) et vous obtenez les questions suivantes concernant l'échange d'énergie du collecteur au dispositif d'emmagasinement.

fplate

DO YOU WANT COLLECTOR PIPE OR DUCT LOSS CALCULATIONS (LOSS,NLOSS)?

nloss

DO YOU WANT COLLECTOR AIR DUCT LEAK CALCULATIONS (LEAK,NLEAK)?

nleak

DO YOU WANT COLLECTOR-STORE HEAT EXCHANGER CALCULATIONS (HX,NHX)?

nhx

Pour simplifier les choses, nous avons donné des réponses indiquant,aucune perte, aucune fuite et pas d'échangeur de chaleur.

Vous pouvez répondre à chaque question à tour de rôle ou, puisque vous connaissez déjà ces trois questions, répondre aux trois en répondantà la première. Si vous répondez aux trois questions sur une même ligne d'entrée, FCHART n'imprimera pas les deux questions suivantes. En devenant de plus en plus familier avec le programme, vous pourrez ainsi répondre souvent à plusieurs questions avant qu'on vous les pose afin de sauver du temps.

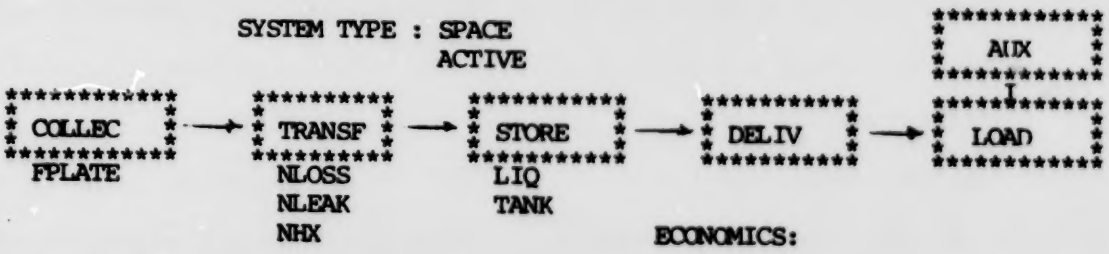
Maintenant que vous avez spécifié un type de collecteur et choisi des possibilités d'échange d'énergie, vous devez choisir un dispositif d'emmagasinement. Dans l'exemple que nous utilisons, il faut répondre LIQ à la question suivante:

IS THE STORAGE WORKING FLUID AIR OR LIQUID (AIR,LIQ)?

De nos jours, le seul dispositif d'emmagasinement utilisant une

substance liquide comme agent d'emmagasinement est un réservoir. (Les installations de chauffage à air peuvent comprendre un dispositif à lit de pierres ou à substance qui change de phase). Le seul dispositif possible étant un réservoir, la réponse LIQ signifie automatiquement TANK. Pour vous assurer que ceci est bien exact et pour avoir une idée des caractéristiques de votre installation à ce point du programme, vous pouvez taper PICTURE (PI ou PIC fait l'affaire) avant de répondre à la prochaine question. Comme caractéristique de l'installation, vous obtiendrez le type d'installation, le type de collecteur, les possibilités d'échange d'énergie, et le dispositif d'emmagasinement que vous avez choisis.

```
liq
      IS THERE A HEAT EXCHANGER OR A HEAT PUMP BETWEEN THE STORAGE AND THE
  LOAD (HX,HP)?
pic
```




Comme vous pouvez le constater, il reste à caractériser le dispositif de transport, la charge et les éléments auxiliaires.

Puisque vous avez tapé PICTURE au lieu de répondre à la question:

IS THERE A HEAT EXCHANGER OR A HEAT PUMP BETWEEN STORAGE AND THE LOAD (HX,HP)?

FCHART répète la question. Continuons avec une installation simple en répondant HX.

Pour ce qui est du calcul de la charge de chauffage des pièces, on peut choisir INPUT ou UA comme l'indique la question suivante:

hx

WOULD YOU LIKE TO INPUT TOTAL LOADS OR SUPPLY THE BUILDING UA (INPUT,UA)?

Ces possibilités vous seront expliquées par HELP.

help

SELECT ONE OF THE FOLLOWING LOAD CALCULATION METHODS:
INPUT - USER INPUT OF MONTHLY LOAD VALUES
UA - SPACE HEATING LOAD CALCULATED FROM BUILDING UA
WOULD YOU LIKE TO INPUT TOTAL LOADS OR SUPPLY THE BUILDING UA (INPUT,UA)?

Pour cet exemple, il faudrait choisir une charge en degrés UA de jour. (Répondre UA).

Comme dernier élément de l'installation, il y a l'auxiliaire de chauffage des pièces. Vous pouvez choisir entre une chaudière conventionnelle (FUEL) et une thermopompe autonome (HP).

UA

DO YOU HAVE HEAT PUMP BACK-UP OR CONVENTIONAL FUEL AUXILIARY (HP,FUEL)?

Pour cet exemple, répondre FUEL. Pour terminer, vous pouvez obtenir une analyse économique en répondant ECON à la question:

fuel

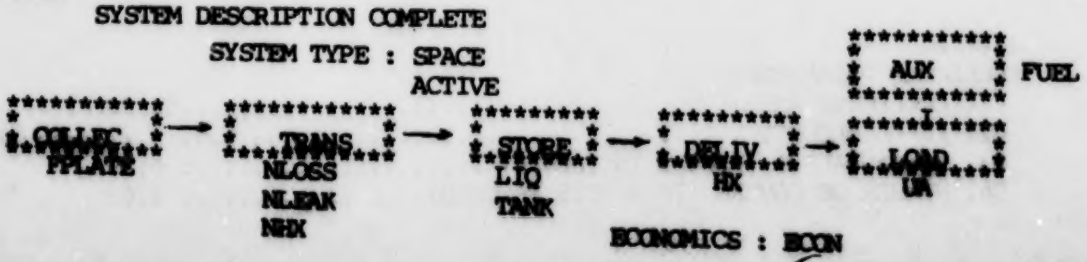
WOULD YOU LIKE AN ECONOMIC ANALYSIS (ECON,NOECON)?

Ceci complète la description de l'installation et puisque vous avez demandé des explications au tout début, le message suivant, ainsi que les caractéristiques de l'installation et des explications supplémentaires sont alors imprimés.

econ

SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE

SYSTEM TYPE : SPACE
ACTIVE



```
     THIS IS THE SYSTEM YOU HAVE SPECIFIED. EACH OF THE COMPONENTS
SHOWN ABOVE (E.G. COLLECTOR, LOAD, AUX) HAS A LIST OF PARAMETERS
ASSOCIATED WITH IT. YOU MAY WISH TO LIST PARAMETERS, CHANGE
PARAMETERS, OR USE ANY PROGRAM COMMAND.
     (1) LIST PARAMETERS BY TYPING LIST FOLLOWED BY A COMPONENT NAME
         (COLLECTOR, TRANSFER, LOAD, ETC) OR A PARAMETER NAME (L1,C5,A2,
         ETC). TYPE LIST ALL TO LIST ALL PARAMETERS FOR YOUR SYSTEM.
     (2) CHANGE PARAMETERS BY TYPING A PARAMETER NAME FOLLOWED BY THE
         VALUE YOU WANT (E.G. C1=50). SOME PARAMETERS, SUCH AS COLLECTOR
         SLOPE AND HOT WATER USE, MAY BE VARIED BY MONTH. FOR THESE
         PARAMETERS, YOU MAY SPECIFY EITHER A SINGLE VALUE FOR ALL
         MONTHS OR 12 SEPARATE VALUES (E.G. L2=300,400,250,....,350).
     (3) USE LIST COMMANDS TO GET A LIST OF COMMAND NAMES OR EXPLAIN
         TO GET EXPLANATIONS OF EACH COMMAND. USE RUN FOLLOWED BY A
         LOCATION NUMBER TO RUN AN ANALYSIS AND TYPE DONE TO
         TERMINATE YOUR FCHART SESSION.
TYPE PROGRAM COMMAND OR PARAMETER NAME AND NEW VALUE. YOU MAY WANT
TO BEGIN WITH LIST ALL. TRY HELP IF YOU GET CONFUSED.
```

Maintenant que vous avez répondu à toutes les questions posées pour décrire l'installation, vous devez utiliser des instructions de programme pour spécifier ce qui doit être fait. Pour avoir une idée de ce que vous pouvez faire, essayez d'énumérer les paramètres associés à l'installation que vous venez de décrire, procédez à une analyse, modifiez certains paramètres et procédez à une autre analyse. Si vous ne savez plus comment vous y prendre pour énumérer tous les paramètres, vous pouvez taper HELP. Vous obtiendrez ce qui suit.

```
 ?
help
     TYPE IN PROGRAM COMMAND OR PARAMETER NAME AND NEW VALUE, USE THE
   FOLLOWING COMMANDS FOR MORE INFORMATION :
         LIST COMMANDS - TO GET THE LIST OF COMMANDS
         LIST ALL - TO LIST ALL PARAMETERS
         LIST PGROUPS - TO LIST THE PARAMETER GROUP (COMPONENT) NAMES
         EXPLAIN - TO GET A SHORT EXPLANATION OF EACH COMMAND

 ?
list all
COLLECTOR PARAMETERS
 C1. COLLECTOR AREA .....................................50,00 M2
 C2. FR-UL PRODUCT ..................................... 4,22 W/M2-DEG C
 C3. FR-TAU-ALPHA (NORMAL INCIDENCE) ..................... 0,70
 C6. NUMBER OF COVERS (IF 0, C15 IS USED)................. 2,00
```

C7. INDEX OF REFRACTION..... 1,53
C8. EXTINCTION COEFFICIENT X LENGTH (KL)..... 0,04
C9. INC. ANGLE MOD. CONSTANT (IF 0, C6-C8 USED)..... 0,0
C10. COLLECTOR FLOW RATE * SPECIFIC HEAT/AREA..... 55,00 W/M2-DEG C
C12. COLLECTOR SLOPE..... 43,00 DEGREES
C13. COLLECTOR AZIMUTH..... 0,0 DEGREES
C14. GROUND REFLECTANCE..... 0,20
C15. INCIDENCE ANGLE MODIFIERS (10,20,30,40,50,60,70,80 DEG.)
1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37

STORAGE UNIT PARAMETERS
S1. TANK CAPACITY/COLLECTOR AREA..... 350,00 KJ/DEG C-M2
S2. STORAGE UNIT HEIGHT/DIAMETER RATIO..... 2,00
S3. HEAT LOSS COEFFICIENT..... 0,50 W/M2-DEG C
S4. ENVIRONMENT TEMPERATURE (-1000 FOR TENV=TAMB)..... 20,00 DEG C

DELIVERY DEVICE PARAMETERS
D1. EPS-CMIN OF LOAD HEAT EXCHANGER..... 1200,00 W/DEG C
D2. MINIMUM TEMPERATURE FOR HX OPERATION..... 20,00 DEG C

LOAD PARAMETERS
L1. BUILDING UA..... 275,00 W/DEG C
L2. ROOM TEMPERATURE..... 20,00 DEG C

AUXILIARY PARAMETERS
A1. AUXILIARY FUEL TYPE (1=GAS,2=ELEC,3=OIL)..... 2.
A2. AUXILIARY DEVICE EFFICIENCY..... 1,00

ECONOMIC PARAMETERS
E1. ECONOMIC OUTPUT DETAIL (1,2 OR 3)..... 2,00
E2. REFERENCE OR COMPARISON SYSTEM (1 OR 2)..... 1,00
E3. CALCULATE RATE OF RETURN (YES=1,No=2)..... 2,00
E4. INCOME PRODUCING BUILDING (YES=1,NO=2)..... 2,00
E5. DEPRC: STR,LN.=1,DC.BAL.=2,SM-YR-DGT=3,NONE=4..... 1,00
E6. CONSIDER FEDERAL TAX CREDITS (YES=1,NO=2)..... 1,00
E7. LENGTH OF ANALYSIS..... 20,00 YEARS
E8. TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST.....$ 6000,00
E9. NON-TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST.....$ 0,0
E10. ANNUAL INCREASE IN PURCHASED ENERGY DEMAND..... 0,0 %/YR
E11. TERM OF MORTGAGE..... 20,00 YEARS
E12. DOWN PAYMENT (% OF ORIGINAL INVESTMENT)..... 10,00 %
E13. MORTGAGE ANNUAL INTEREST RATE..... 8,00 %
E14. RESALE VALUE (% OF ORIGINAL INVESTMENT)..... 0,0 %
E15. ANNUAL NOMINAL (MARKET) DISCOUNT RATE..... 8,00 %
E16. EXTRA INS. MAINT. IN YEAR 1 (% OF ORIG. INVEST.).. 1,00 %
E17. ANNUAL % INCREASE IN ABOVE EXPENSES..... 6,00 %
E18. EFFECTIVE FEDERAL-STATE INCOME TAX RATE..... 35,00 %
E19. TRUE PROP. TAX RATE PER $ OF ORIGINAL INVEST..... 2,00 %
E20. ANNUAL % INCREASE IN PROPERTY TAX RATE..... 6,00 %/YR
E21. STATE CREDIT IN TIER ONE..... 24,00 %
E22. STATE CREDIT TIER ONE BREAK.....$10000,00
E23. STATE CREDIT IN TIER TWO..... 0,0 %
E24. STATE CREDIT TIER TWO BREAK.....$10000,00
E25. USEFUL LIFE FOR DEPREC. PURPOSES..... 20,00 YEARS

```
E26. %OF ST. LINE DEP. RATE (DC. BAL. DEPRC.)..... 150,00 %
TYPE LIST FLDATA FOR FUEL COSTS
?
```

On note qu'aucun paramètre associé à un dispositif d'échange n'apparaît puisque nous avons spécifié aucune perte (NLOSS), aucune fuite (NLEAK) et pas d'échangeur de chaleur (NHX). Comme vous pouvez le constater, chaque paramètre possède une valeur nulle s'il n'apparaît pas. Les valeurs des paramètres sont données en unités SI mais vous pouvez facilement passer aux unités anglaises en tapant UNITS. Les valeurs des paramètres sont toutes converties d'un système d'unités à l'autre lorsque vous tapez UNITS.

Les coûts pour le gaz, l'électricité et le mazout peuvent être introduits dans le programme. Des taux d'électricité assumés par défaut sont fournis. Ces taux peuvent être modifiés, ou des taux pour le gaz ou le mazout introduits, en tapant FLDATA et en répondant aux questions. Taper LIST FLDATA pour avoir les coûts assumés par défaut pour le combustible:

```
list fldata

                FUEL COST

ELEC  (BLOCK RATE STRUCTURE)
      ANNUAL INFLATION RATE    10,0 %
      BLOCK                       1
      COST ($/GJ)               6,0
      MAX. USE (GJ)          9999,0

TYPE FLDATA TO ENTER OR CHANGE FUEL COSTS
?
```

Pour voir comment se comportera ce modèle d'installation de chauffage des pièces à Ottawa (Ontario), -- taper RUN. Si vous désirez avoir une analyse pour un autre endroit, utilisez

RUN suivi d'un numéro de désignation de localité. (Les numéros de désignation de localités pour la banque de données fournie avec le programme sont donnés à l'annexe B).

Voici les résultats des performances du système type à Ottawa:

```
 ?
run

**********************FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1)**********************

  OTTAWA INT'L     ONT      LATITUDE 45,3
```

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 16,99 | -10,9 | 21,36 | 6,06 | 0,05 | 0,08 | 0,28 |
| FEB | 20,60 | -9,5 | 18,49 | 7,72 | 0,07 | -0,03 | 0,42 |
| MAR | 27,33 | -3,1 | 15,54 | 10,71 | 0,14 | 0,15 | 0,67 |
| APR | 26,09 | 5,6 | 8,81 | 9,38 | 0,40 | 0,32 | 0,98 |
| MAY | 28,94 | 12,4 | 4,30 | 6,21 | 1,08 | 0,83 | 1,00 |
| JUN | 28,88 | 18,2 | 1,05 | 2,66 | 1,56 | 0,05 | 1,00 |
| JUL | 30,51 | 20,7 | 0,24 | 1,85 | 1,61 | 0,0 | 1,00 |
| AUG | 28,64 | 19,3 | 0,67 | 2,28 | 1,61 | 0,0 | 1,00 |
| SEP | 23,81 | 14,6 | 2,92 | 3,86 | 1,34 | -0,40 | 1,00 |
| OCT | 19,14 | 8,7 | 6,89 | 6,36 | 0,47 | -1,00 | 1,00 |
| NOV | 10,72 | 1,4 | 11,86 | 3,96 | 0,04 | 0,06 | 0,33 |
| DEC | 12,16 | -7,7 | 18,91 | 4,19 | 0,01 | -0,06 | 0,22 |
| YR | 273,83 | 5,8 | 11,03 | 65,23 | 8,37 | -0,00 | 0,51 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 54,18 | 0,0 | 54,18 |
| COST ($) | 0,0 | 325,07 | 0,0 | 325,07 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | | | |
|---|---|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ | 6000, | |
| DOWN PAYMENT | $ | 600, | |
| TOTAL TAX CREDITS | $ | 3840, | |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ | 550, | FOR 20 YEARS |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 18618 | 734 | 7207 |
| TOTAL COST | 29495 | 1059 | 10393 |

Le tableau des valeurs de l'analyse thermique obtenu dépend des éléments dont vous avez doté l'installation. Les abréviations suivantes sont utilisées pour identifier les totaux mensuels et annuels ou les moyennes dans les tableaux des résultats:

HT - radiation solaire totale incidente à l'ouverture du collecteur

TA - température ambiante moyenne

SHLOAD - charge totale de chauffage des pièces

HWLOAD - charge totale de chauffage de l'eau (incluant les pertes du réservoir auxiliaire)

LOAD - charge totale

QU - gain total d'énergie utile du collecteur

QLOSS - pertes totales d'énergie du dispositif d'emmagasinement

DELTE - variation globale en énergie interne du dispositif d'emmagasinement

FNP - fraction de la charge totale qui est de l'énergie non achetée

FDHW - fraction de la charge associée à l'eau chaude domestique qui est de l'énergie non achetée

FW - fraction de la charge totale qui est en travail d'entrée aux thermopompes.

Il se peut maintenant que vous vouliez modifier certaines des caractéristiques du collecteur. Les valeurs par défaut pour FR-TAU-ALPHA et FR-UL sont associées à un collecteur à vitre double avec absorbeur noir. Pour un collecteur à vitre simple avec absorbeur sélectif de surface, la valeur typique

de FR-TAU-ALPHA pourrait être de 0,75 et celle de FR-UL de 4,5. Pour savoir comment se comporterait 45 mètres carrés de ce genre de collecteur, modifier le paramètre C1 à 45, C2 à 4,5, C3 à 0,75 et C6 à 1. Pour ce faire, il faut taper

```
c1=45 c2=4,5 c3=0,75 c6=1
```

Ceci peut être tapé sur une même ligne ou sur plusieurs lignes. En outre, les virgules et signes d'égalité sont facultatifs. Vérifier la présence de ces modifications en tapant LIST COLL:

```
 ?
list coll

COLLECTOR PARAMETERS
 C1. COLLECTOR AREA ..................................... 45,00 M2
 C2. FR-UL PRODUCT ...................................... 4,50 W/M2-DEG C
 C3. FR-TAU-ALPHA (NORMAL INCIDENCE)..................... 0,75
 C6. NUMBER OF COVERS (IF 0, C15 IS USED)................ 1,00
 C7. INDEX OF REFRACTION................................. 1,53
 C8. EXTINCTION COEFFICIENT X LENGTH (KL)................ 0,04
 C9. INC. ANGLE MOD. CONSTANT (IF 0, C6-C8 USED)......... 0,0
 C10. COLLECTOR FLOW RATE * SPECIFIC HEAT/AREA........... 55,00 W/M2-DEG C
 C12. COLLECTOR SLOPE.................................... 43,00 DEGREES
 C13. COLLECTOR AZIMUTH.................................. 0,0  DEGREES
 C14. GROUND REFLECTANCE................................. 0,20
 C15. INCIDENCE ANGLE MODIFIERS (10,20,20,40,50,60,70,80 DEG.)
      1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37
```

Vous avez certainement noté que certains numéros de désignation de paramètres, comme C5, ne semble pas être utilisés. De fait, C5 est un paramètre de collecteur (angle de captage du collecteur CPC) mais il n'est pas relié à l'analyse de l'installation utilisée. Si vous tapez LIST ALL avant de répondre à une question quelconque associée au système (ou immédiatement après avoir utilisé QUICK ou FORGET), vous obtenez une liste de tous les paramètres pour toutes les installations.

On peut facilement ajouter un titre à des résultats en utilisant l'instruction TITLE. Vous pouvez donner le titre de "installation possible" à cette installation en tapant ce qui suit:

```
title alternative system
 ?
```

Ce titre apparaîtra au sommet de chaque suite de résultats imprimés jusqu'à ce que vous le modifiez. Vous pouvez éliminer le titre utilisé en tapant un titre "sans désignation". Maintenant procédez en tapant RUN. Voici les résultats des performances de l'installation modifiée.

```
 ?
run
****************** FCHART ANALYSIS     (VERSION 4.1) ******************
   ALTERNATIVE SYSTEM
   OTTAWA  INT'L      ONT          LATITUDE 45,3
```

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 15,29 | -10,9 | 21,36 | 5,96 | 0,04 | 0,07 | 0,27 |
| FEB | 18,54 | -9,5 | 18,49 | 7,62 | 0,06 | -0,03 | 0,41 |
| MAR | 24,60 | -3,1 | 15,54 | 10,59 | 0,13 | 0,13 | 0,67 |
| APR | 23,49 | 5,6 | 8,81 | 9,30 | 0,37 | 0,29 | 0,98 |
| MAY | 26,05 | 12,4 | 4,30 | 6,09 | 1,02 | 0,77 | 1,00 |
| JUN | 25,99 | 18,2 | 1,05 | 2,52 | 1,46 | 0,02 | 1,00 |
| JUL | 27,46 | 20,7 | 0,24 | 1,74 | 1,51 | 0,0 | 1,00 |
| AUG | 25,78 | 19,3 | 0,67 | 2,17 | 1,51 | 0,0 | 1,00 |
| SEP | 21,43 | 14,6 | 2,92 | 3,83 | 1,26 | -0,35 | 1,00 |
| OCT | 17,23 | 8,7 | 6,89 | 6,40 | 0,42 | -0,91 | 1,00 |
| NOV | 9,65 | 1,4 | 11,86 | 3,91 | 0,03 | 0,06 | 0,32 |
| DEC | 10,94 | -7,7 | 18,91 | 4,13 | 0,01 | -0,06 | 0,22 |
| YR | 246,45 | 5,8 | 111,03 | 64,26 | 7,80 | -0,00 | 0,51 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 54,57 | 0,0 | 54,57 |
| COST ($) | 0,0 | 327,45 | 0,0 | 327,45 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | | |
|---|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 6000, | |
| DOWN PAYMENT | $ 600, | |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 3840, | |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 550, | FOR 20 YEARS |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 18753 | 739 | 7258 |
| TOTAL COST | 29632 | 1064 | 10446 |

Vous seriez maintenant peut-être intéressé d'explorer certaines des autres possibilités offertes par FCHART. HELP vous éclairera.

```
help
     TYPE IN PROGRAM COMMAND OR PARAMETER NAME AND NEW VALUE. USE THE
   FOLLOWING COMMANDS FOR MORE INFORMATION :
          LIST COMMANDS - TO GET THE LIST OF COMMANDS
          LIST ALL - TO LIST ALL PARAMETERS
          LIST PGROUPS - TO LIST THE PARAMETER GROUP (COMPONENT) NAMES
          EXPLAIN - TO GET A SHORT EXPLANATION OF EACH COMMAND
 ?
explain
   CHANGES - ALTER DATA OR SYSTEM DESCRIPTION
   CITIES - SELECT WEATHER DATA FOR UP TO 10 CITIES
   DONE - USER DONE WITH FCHART
   ECON - ECONOMIC ANALYSIS DESIRED
   ENTER - ENTER WEATHER DATA FOR NEW LOCATION
   EXPLAIN - EXPLAIN ALL COMMANDS OR COMMAND SPECIFIED
   FLDATA - ENTER FUEL COST DATA
   FORGET - FORGET SYSTEM DESCRIPTION AND BEGIN ASKING QUESTIONS
   GET - READ SYSTEM INFORMATION OR DATA FROM FILE
   HELP - PROVIDE INSTRUCTIONS OR ASSISTANCE
   HPDATA - ENTER HEAT PUMP PERFORMANCE DATA
   KEEP - WRITE SYSTEM INFORMATION OR DATA TO STORAGE FILE
   LIST - LIST SYSTEM DESCRIPTION, PARAMETERS, WEATHER DATA, ETC
   LONG - ASK LONG SYSTEM DESCRIPTION QUESTIONS
   LOOP - RUN SEVERAL ANALYSES VARYING PARAMETER GIVEN
   NOECON - NO ECONOMIC ANALYSIS
   OPDATA - ENTER DATA FOR LOOPS AND OPTIMIZATION
   OPTIMZ - OPTIMIZE SYSTEM WICH RESPECT TO GIVEN PARAMETER
   PICTURE - DRAW SYSTEM SCHEMATIC
   QUICK - ENTER QUICK SYSTEM DESCRIPTION
   RESET - RESET PARAMETERS TO DEFAULT VALUES
   RUN - RUN ANALYSIS OF SYSTEM FOR SPECIFIED LOCATION
   SHORT - ASK SHORT SYSTEM DESCRIPTION QUESTIONS
   TITLE - PRINT USER-SUPPLIED TITLE AT TOP OF OUTPUT TABLES
   UNITS - CHANGE FROM ENGLISH UNITS TO SI, OR VICE VERSA

TYPE EXPLAIN FOLLOWED BY ANY COMMAND NAME FOR MORE INFORMATION
?
```

Si vous voulez passer d'un réservoir d'emmagasinement à un lit de pierres, utilisez CHARGE STORE. Utilisez EXPLAIN CHANGE pour avoir plus de renseignements. En outre, vous pouvez tout reprendre en tapant FORGET et RESET, ou avoir plus de renseignements détaillés au sujet de toute autre instruction en utilisant EXPLAIN suivi d'une appellation d'instruction. Bonne chance!

# SECTION 2 - GUIDE DE L'UTILISATEUR

# CHAPITRE 3

# INSTALLATIONS ET DESCRIPTION D'INSTALLATIONS

FCHART est utile pour prédire les performances à longue échéance de toute une variété d'installations. Chaque installation est décrite à l'aide d'une série de "mots-clés". Par exemple, avec PROC FPLATE, on décrit un type particulier d'installation de chauffage par transfert avec un collecteur à plaque unie. Dans ce chapitre, nous décrirons les installations pour lesquelles il est possible d'utiliser FCHART et fournirons des explications concernant les instructions et mots-clés de programme utilisés pour décrire chaque installation. Les instructions utilisées pour obtenir une description schématique ou une liste de mots-clés associées à l'installation utilisée et les méthodes de passage d'une installation à une autre sont également données.

## 3.1 Installations

### 3.1.1 Chauffage par transfert

Une illustration schématique du type d'installation de chauffage par transfert auquel s'adresse FCHART est donnée à la figure 3.1. L'énergie solaire est captée par un collecteur à plaque unie, un CCP ou un collecteur à formation d'image chaque fois que sa température à la sortie est supérieure à la température d'admission. On émet l'hypothèse que les collecteurs CCP possèdent une ouverture de captage fixe qui peut être orientée vers l'est ou vers l'ouest. Les collecteurs à formation d'image peuvent être orientés le long d'un

seul axe ou de deux axes. Il peut y avoir un échangeur de chaleur entre le collecteur et le réservoir d'emmagasinement pour avoir des fluides différents comme moyens de transport d'énergie. En outre, il est possible de tenir compte des pertes de chaleur dans les tuyaux ou conduites du collecteur et des fuites dans les conduites (si on utilise de l'air comme fluide dans le collecteur). L'énergie est emmagasinée sous forme de chaleur dans un réservoir d'eau. On suppose que le réservoir est sous pression de façon à ce qu'il n'y ait pas de perte d'énergie par ébullition. La chaleur est fourrie du réservoir d'emmagasinement à la charge par un dispositif de transfert, s'il y a une demande d'énergie et si la température d'emmagasinement est supérieure à une température utile minimale spécifiée par l'utilisateur. Le dispositif de transfert peut être un échangeur de chaleur ou une thermopompe. Avec une thermopompe, il y a chauffage direct par énergie solaire d'un échangeur de chaleur lorsque la température d'emmagasinement est supérieure à une température de dérivation minimale. Le mode de chauffage direct par énergie solaire peut être éliminé en spécifiant une haute température de dérivation. Les conditions d'entrée du côté charge du dispositif de transfert ($T_{Li}$ et $\dot{m}_{Li}$ de la figure 3.1) sont supposées constantes lorsque la charge est présente. Par charge, on entend une demande d'énergie survenant au cours d'un nombre d'heures par jour spécifié par l'utilisateur, 7 jours par semaine. Comme source auxiliaire d'énergie, on peut utiliser une chaudière conventionnelle (électricité, gaz, mazout) si le dispositif

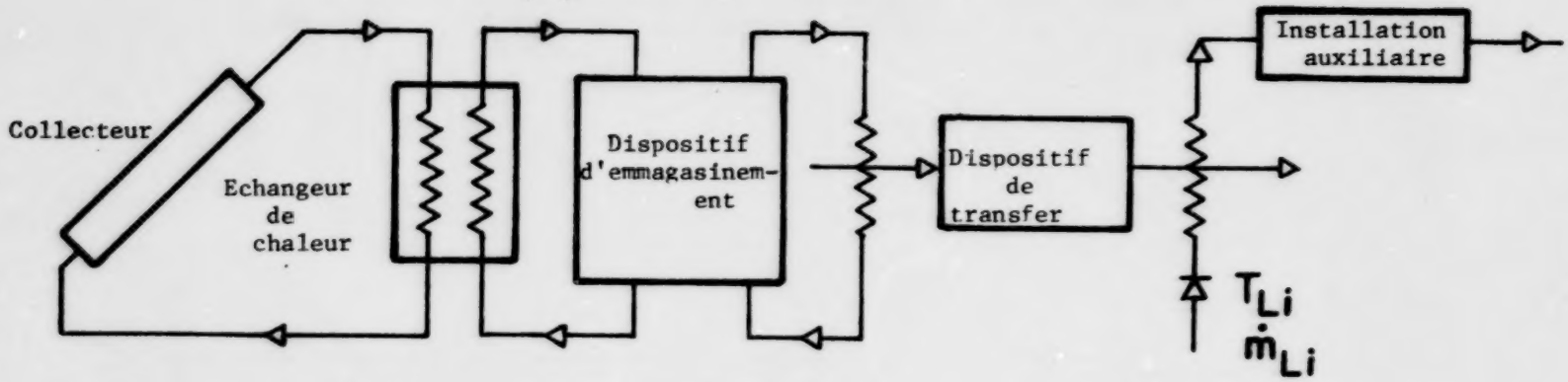



Figure 3.1. Illustration schématique d'une installation de chauffage par transfert en circuit fermé

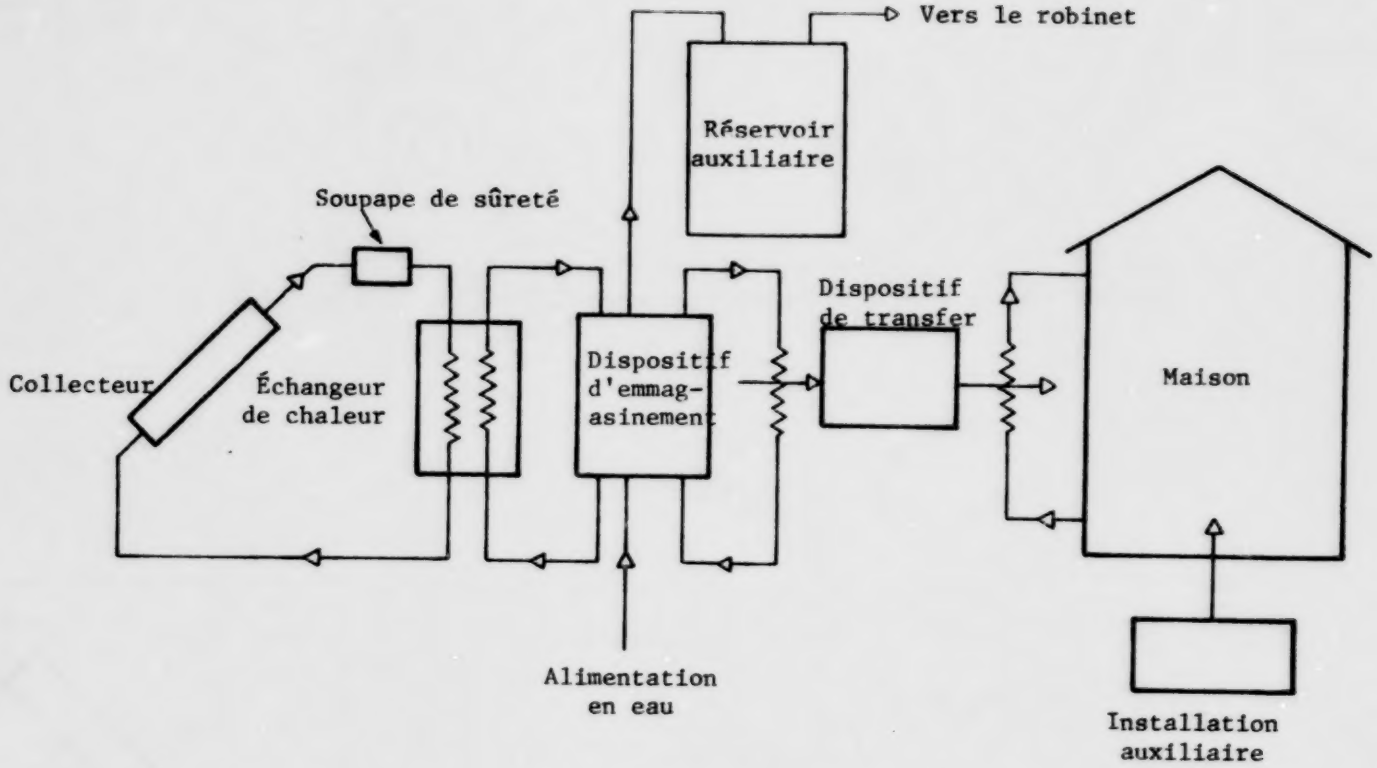



Figure 3.2. Illustration schématique d'une installation de chauffage des pièces et de l'eau avec un liquide comme moyen de transport d'énergie

de transfert n'arrive pas à satisfaire la charge.

### 3.1.2 Chauffage des pièces et de l'eau à l'aide d'un liquide comme moyen de transport d'énergie

Une illustration schématique de l'installation de chauffage des pièces et de l'eau avec un liquide comme moyen de transport d'énergie à laquelle s'adresse FCHART est donnée à la figure 3.2. Un collecteur à plaque unie, un CCP ou un collecteur à formation d'image fonctionne chaque fois qu'il y a un gain net d'énergie utile. Avec un échangeur de chaleur entre le collecteur et le réservoir d'emmagasinement, on peut utiliser l'air comme fluide de transport dans le collecteur et il peut y avoir des fuites dans les conduites. En outre, on peut également tenir compte des pertes de chaleur dans les tuyaux ou conduites du collecteur. Une soupape de sûreté est placée sur le réservoir d'emmagasinement pour s'assurer que la température ne dépassera pas 100 degrés celsius. Le dispositif d'emmagasinement fournit de la chaleur aux pièces chauffées par l'entremise d'un dispositif de transfert s'il y a une demande d'énergie et si la température d'emmagasinement est supérieure à une température utile minimale spécifiée par l'utilisateur. On suppose que l'installation est pourvue d'une commande "parfaite" qui maintient les pièces à une température constante. Comme dispositif de transfert, on peut avoir un écahngeur de chaleur ou une thermopompe. S'il s'agit d'une thermopompe, il y a chauffage direct par énergie solaire d'un échangeur de chaleur lorsque la température d'emmagasinement est supérieure à une température de dérivation minimale. De

l'énergie d'appoint est fournie aux pièces chauffées par une thermopompe ou une chaudière conventionnelle si le dispositif de transfert ne peut satisfaire à la charge. Le réservoir d'emmagasinement agit également comme réchauffeur pour l'installation de chauffage de l'eau domestique. Toute énergie supplémentaire, si elle est nécessaire, est fournie par un chauffe-eau conventionnel pour maintenir la température de l'eau à la valeur fixée. Une soupape de mélangeage empêche la température à la sortie du réservoir auxiliaire de dépasser la température fixe désirée. La température des conduites principales d'eau, la température fixe désirée et la consommation quotidienne sont supposées constantes pour n'importe quel mois mais peuvent varier d'un mois à l'autre. Si l'on n'étudie que le chauffage des pièces, il faut alors éliminer le chauffe-eau conventionnel, la soupape de mélangeage et les canalisations et commandes qui leur sont associées. Pour les installations de chauffage de DHW seulement, le bâtiment, le dispositif de transfert et la soupape de sûreté n'ont pas à être considérés.

3.1.3 Chauffage à air des pièces et de l'eau

Une illustration schématique de l'installation de chauffage à air des pièces et de l'eau à laquelle s'adresse FCHART est donnée à la figure 3.3. Le captage de l'énergie est réalisé à l'aide d'un collecteur à plaque unie. Il est possible de tenir compte des pertes de chaleur dans les tuyaux ou conduites et des fuites dans les conduites entre le collecteur et le dispositif d'emmagasinement. Comme dispositif d'emmagasinement, on utilise un lit de pierres ou une substance qui

change de phase. L'énergie est fournie à la pièce chauffée à partir du dispositif d'emmagasinement ou des collecteurs par une circulation d'air dans la pièce. Le fonctionnement de l'installation est caractérisé par les trois modes suivants:

1) Du collecteur à la charge - il y a besoin d'énergie dans la pièce chauffée et la température à la sortie du collecteur est supérieure à la température de la pièce
2) Du collecteur au dispositif d'emmagasinement - la température à la sortie du collecteur est supérieure à la température au fond du dispositif d'emmagasinement et la charge de chauffage de la pièce est inexistante.
3) Du dispositif d'emmagasinement à la charge - impossible de capter de l'énergie, demande d'énergie dans la pièce chauffée, et la température au sommet du dispositif d'emmagasinement est supérieure à la température de la pièce.

Avec les modes 1 et 3, l'énergie d'appoint d'une thermopompe ou d'une chaudière conventionnelle peut être ajoutée à la portion fournie sous forme solaire. L'énergie est fournie pour le chauffage de l'eau domestique grâce à un échange de chaleur de l'air chaud qui sort du collecteur à un réservoir de réchauffement. Toute énergie supplémentaire si elle est nécessaire, est fournie par un élément de chauffage conventionnel pour maintenir la température à la valeur fixe désirée. On suppose que la température des conduites principales d'eau,

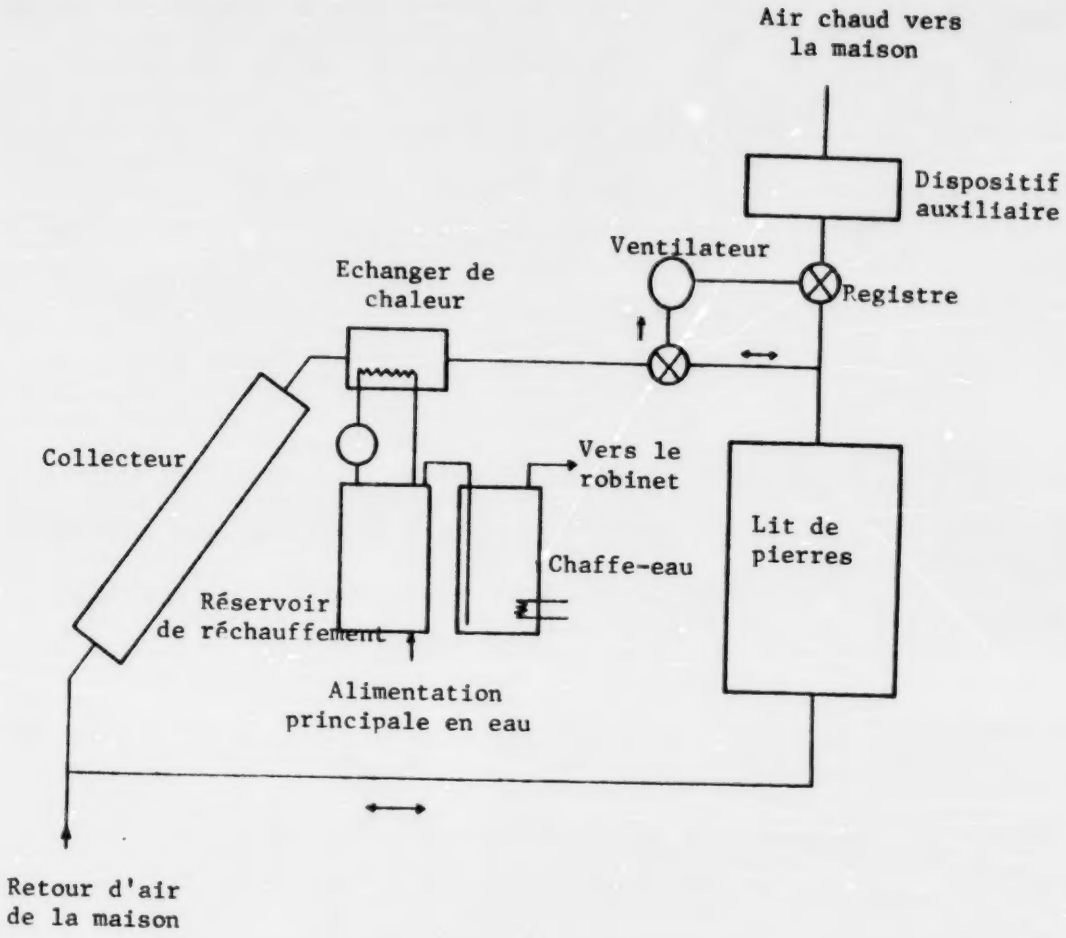



Figure 3.3. Illustration schématique d'une installation de chauffage à air des pièces et de l'eau

la température fixée et la consommation quotidienne ne varient pas au cours de n'importe quel mois mais peuvent varier d'un mois à l'autre. Le réservoir de réchauffement, le chauffe-eau conventionnel et leurs canalisations et commandes ne font partie de l'installation s'il s'agit d'une installation de chauffage des pièces seulement. Sans DHW, il est possible d'inclure un échangeur de chaleur entre le collecteur et le dispositif d'emmagasinement afin d'utiliser des fluides différents comme moyens de transport d'énergie. Sans chauffage des pièces, on a une installation de chauffage de DHW avec liquide comme moyen de transport d'énergie. Chaque fois que l'on utilise de l'air comme moyen de transport d'énergie dans le collecteur et que l'installation comporte le chauffage de l'eau, il faut inclure un échangeur de chaleur entre le collecteur et le réservoir de réchauffement comme dispositif de transfert.

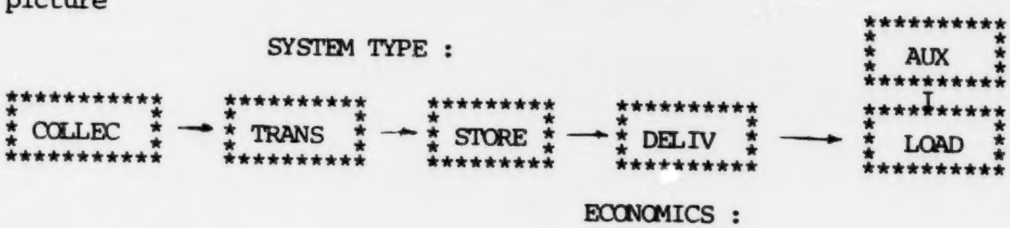
### 3.2 Description d'installations pour FCHART

Pour utiliser FCHART, la première étape consiste à choisir les éléments et possibilités d'analyse qui conviennent à l'installation soumise à l'étude. Dans l'exemple fourni à la section I, une installation de chauffage de pièces avec liquide comme moyen de transport d'énergie était décrite à l'aide de réponses à une série de questions. Les réponses données alors étaient les suivantes:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SPACE | ACTIVE | FPLATE | NLOSS | NLEAK | NHX |
| LIQ | HX | UA | FUEL | ECON | |

Chacun de ces mots-clés réfère à une des huit portions d'installation identifiées dans l'illustration ci-dessous.

forget
WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES, NO, QUICK)?
picture

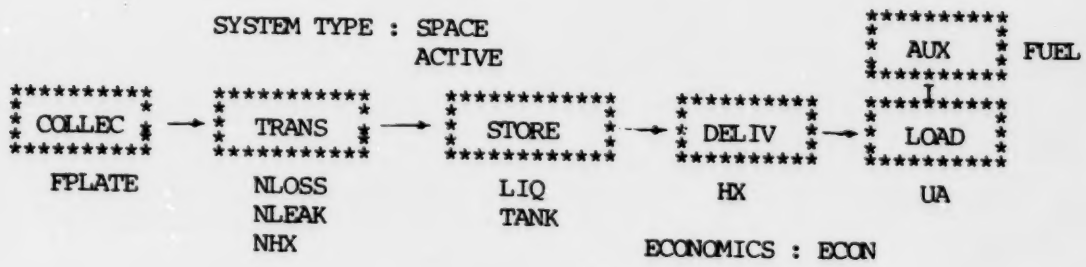



Les mots-clés SPACE et ACTIVE décrivent le type d'installation, chauffage actif de pièces à l'énergie solaire, et FPLATE spécifie un type de collecteur, le collecteur à plaque unie. Trois mots-clés, NLOSS (pas de pertes), NLEAK (pas de fuites) et NHX (pas d'échangeur de chaleur), sont utilisés pour décrire le circuit de transfert collecteur-dispositif d'emmagasinement. Certaines des huit portions de l'installation

| | | | |
|---|---|---|---|
| TYPE | COLLECTOR | TRANSFER | STORAGE |
| DELIVERY | LOAD | AUXILIARY | ECONOMICS |

sont décrites complètement à l'aide d'un seul mot-clé alors

que d'autres en demandent deux ou plus. Dans certains cas, le nombre de mots-clés nécessaires varie. Pour une installation de chauffage par transfert, PROC décrit complètement le type d'installation (SYSTEM TYPE). Pour la description d'une installation de chauffage actif par énergie solaire, tel qu'illustré ci-dessous, les deux mots apparaissant à la droite du titre SYSTEM TYPE sont nécessaires.




3.2.1 Réponses aux questions associées à la description d'installations

La façon la plus facile de décrire une installation est de répondre aux questions posées par FCHART. Si vous n'avez pas décrit une installation de façon complète, le programme vous posera une question. Si vous décidez de taper une instruction de programme (ex.: PICTURE) au lieu de répondre à une question, la question sera posée à nouveau une fois l'instruction exécutée. Si vous ne savez pas trop comment répondre à une question, tapez HELP. FCHART vous fournira alors une liste de réponses possibles et fournira une brève explication de chacune d'entre elles. La description de chacun des mots-clés réponse est également fournie ci-dessous.

Il y a deux formats pour chaque question, question

longue et question courte. Si vous demandez des explications au tout début du programme, ou après avoir tapé l'instruction FORGET, vous obtiendrez des questions longues. Dans tous les autres cas, les questions seront courtes. Chaque question longue se termine par une indication des réponses possibles entre parenthèses, tandis que les questions courtes ne comportent qu'une énumération de réponses. Pour passer des questions courtes à des questions longues, taper LONG. Pour revenir à des questions courtes, taper SHORT. L'instruction QUICK (décrite plus loin) vous fait passer également à des questions courtes.

TYPE D'INSTALLATION
- PROC - CHAUFFAGE PAR TRANSFERT
- SPACE - INSTALLATION DE CHAUFFAGE DES PIÈCES (SEULEMENT)
- SDHW - CHAUFFAGE COMBINÉ DES PIÈCES ET DE L'EAU DOMESTIQUE
- DHW - INSTALLATION DE CHAUFFAGE DE L'EAU CHAUDE DOMESTIQUE (SEULEMENT)
- ACTIVE - INSTALLATION DE CHAUFFAGE ACTIF À L'ÉNERGIE SOLAIRE POUR LE CHAUFFAGE DES PIÈCES
- NOACTIVE - PAS D'INSTALLATION DE CHAUFFAGE ACTIF À L'ÉNERGIE SOLAIRE (RÉPONDRE NOACTIVE POUR LES INSTALLATIONS À THERMOPOMPE SEULEMENT)

COLLECTEUR
- FPLATE - COLLECTEUR SOLAIRE À PLAQUE UNIE
- CPC - COLLECTEUR CONCENTRATEUR COMPOSÉ PARABOLIQUE
- IMAGE - COLLECTEUR À FORMATION D'IMAGE ORIENTABLE

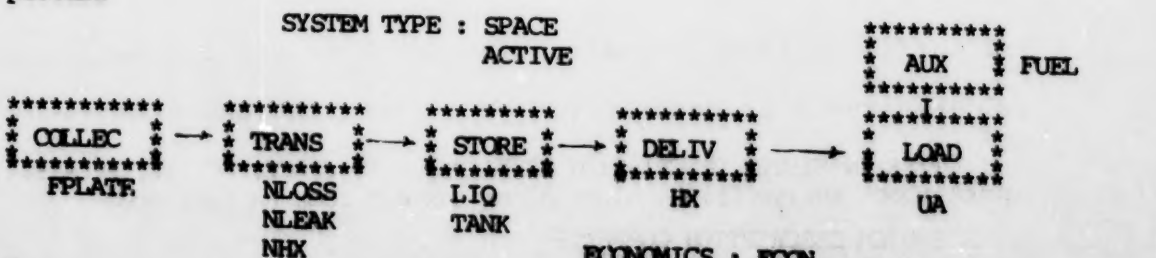
TRANSFERT(DE COLLECTEUR À DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT)
- LOSS - DEMANDE À FCHART DE CALCULER LES PERTES DE CHALEUR DANS LES TUYAUX OU CONDUITES
- NLOSS - IGNORER LES PERTES DANS LES TUYAUX OU CONDUITES DU COLLECTEUR
- LEAK - TENIR COMPTE DES FUITES D'AIR DANS LES CONDUITES DU COLLECTEURS
- NLEAK - SI VOUS AVEZ UN COLLECTEUR AVEC LIQUIDE OU DÉSIREZ IGNORER LES FUITES D'AIR DANS LES CONDUITES
- HX - POUR TENIR COMPTE DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR COLLECTEUR- DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT
- NHX - SI VOUS NE VOULEZ PAS CALCULER LES CARACTÉRISTIQUES DE L'HX COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

```
DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT
   AIR - POUR UN DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT À AIR
   LIQ - POUR UN DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT AVEC
         LIQUIDE
   TANK - RÉSERVOIR D'EMMAGASINEMENT DE CHALEUR
          DANS UN LIQUIDE
   ROCK - DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT À LIT DE PIERRES
   PCES - EMMAGASINEMENT D'ÉNERGIE PAR TRANSFORMATION
          DE PHASE

DISPOSITIF DE TRANSFERT (DU DISPOSITIF D'EMMAGASINE-
 MENT À LA CHARGE)
   HX - CHALEUR FOURNIE À LA CHARGE PAR UN ÉCHANGEUR
        DE CHALEUR
   HP - ÉNERGIE FOURNIE PAR UNE THERMOPOMPE EN SÉRIE

CHARGE
   INPUT - VALEURS DE CHARGE MENSUELLES FOURNIES
           PAR L'UTILISATEUR
   UA - CHARGE DE CHAUFFAGE DES PIÈCES CALCULÉE À
        PARTIR DE LA VALEUR UA DU BÂTIMENT

AUXILIAIRES
   HP - THERMOPOMPE POUR CHAUFFAGE D'APPOINT DES PIÈCES
   FUEL - CHAUDIÈRE D'APPOINT CONVENTIONNELLE

ASPECTS ÉCONOMIQUES
   ECON - SI VOUS DÉSIREZ UNE ANALYSE ÉCONOMIQUE DE
          VOTRE INSTALLATION
   NOECON - SI VOUS NE DÉSIREZ QU'UNE ANALYSE THERMIQUE
```

3.2.2 Impression de la description de votre installation

Vous pouvez utiliser deux instructions pour avoir la description de l'installation que vous avez décrite: LIST SYSTEM et PICTURE. Avec PICTURE, vous obtiendrez une illustration schématique avec les choix que vous avez faits, comme ci-dessous.

picture




?

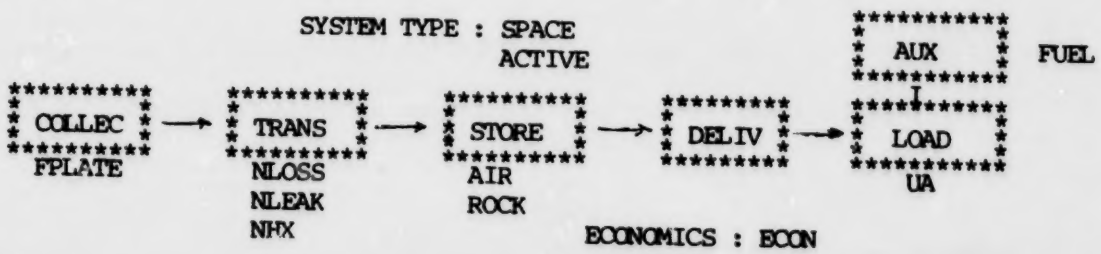
LIST SYSTEM vous donne les caractéristiques de l'installation que vous avez décrite. PICTURE et LIST SYSTEM peuvent être toutes les deux utilisées avant d'avoir complété la description d'une installation, pour voir quels ont été les choix qui ont déjà été faits.

```
list system
     SYSTEM DESCRIPTION :
        SPACE     ACTIVE        FPLATE        NLOSS        NLEAK        NHX
        LIQ       HX            UA            FUEL         ECON
?
```

### 3.2.3 Description rapide de l'installation

L'instruction QUICK peut être utilisée pour introduire des éléments descriptifs d'installation sans attendre que des questions soient posées. Comme vous n'avez pas à attendre que des questions soient posées, ceci vous épargne du temps et est également utile si vous utilisez FCHART dans le cadre de traitement de données par lots. Pour décrire l'installation illustrée ci-dessous, par exemple,

pic




il suffit de taper l'instruction QUICK suivie des mots-clés nécessaires à la description de l'installation, c'est-à-dire

```
     TYPE IN SYSTEM DESCRIPTION KEYWORDS, E.E. SPACE, ACTIVE, FPLATE....
quick space active fplate nloss nleak nhx air rock ua fuel econ
     SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE
```

Les mots-clés exacts utilisés pour caractériser une installation sont toujours obtenus en tapant LIST SYSTEM: le fait d'utiliser PICTURE produit parfois des mots-clés supplémentaires fournis par FCHART. Bien noter la séquence: TYPE D'INSTALLATION en premier, et ensuite de gauche à droite, de COLLECTEUR à CHARGE, pour se terminer par AUXILIAIRES et ASPECTS ÉCONOMIQUES. Les mots-clés peuvent être tapés sur un nombre quelconque de lignes. À la fin d'une ligne ou si vous avez oublié le mot-clé qui suit, il suffit d'appuyer sur la touche de retour de chariot et FCHART vous aidera à l'aide d'une question courte. Le tableau 1 de la page suivante résume les diverses possibilités et leur séquence d'introduction à l'aide du clavier.

Même si vous pouvez utiliser l'instruction QUICK pour décrire rapidement une installation, son utilisation n'est pas toujours nécessaire. Lorsque vous connaissez la question qui suivra, vous pouvez toujours y répondre avant qu'elle ne soit posée. FCHART n'a pas alors à poser la question et passe à la question suivante. Par conséquent, QUICK est à toute fin pratique équivalent à FORGET (élimination de la description en mémoire de l'installation et apparition de questions) suivi de NO (aucune explication nécessaire).

## Tableau 1

### Description rapide de l'installation

TYPE D'INSTALLATION

1) Choix d'un type fondamental d'installation

PROC - CHAUFFAGE PAR TRANSFERT
SPACE - INSTALLATION DE CHAUFFAGE DES PIÈCES (SEULEMENT)
SDHW - CHAUFFAGE COMBINÉ DES PIÈCES ET DE L'EAU DOMESTIQUE
DHW - INSTALLATION DE CHAUFFAGE DE L'EAU CHAUDE DOMESTIQUE (SEULEMENT)

2) Pour SPACE ou SDHW, spécifier le type de chauffage pour les pièces

ACTIVE - INSTALLATION SOLAIRE ACTIVE POUR LE CHAUFFAGE DES PIÈCES
NOACTIVE - PAS D'INSTALLATION DE CHAUFFAGE SOLAIRE ACTIF POUR LES PIÈCES

COLLECTEUR

1) Choix d'un collecteur

FPLATE - COLLECTEUR SOLAIRE À PLAQUE UNIE
CPC - COLLECTEUR CONCENTRATEUR COMBINÉ PARABOLIQUE
IMAGE - COLLECTEUR À FORMATION D'IMAGE ORIENTABLE

TRANSPORT (du collecteur au dispositif d'emmagasinement)

1) Choix de trois possibilités de transport, une de chaque paire

LOSS - POUR QUE FCHART CALCULE LES PERTES DE CHALEUR DANS LES TUYAUX OU CONDUITES
NLOSS - POUR NE PAS TENIR COMPTE DES PERTES DANS LES TUYAUX OU CONDUITES
LEAK - POUR TENIR COMPTE DES FUITES D'AIR DANS LES CONDUITES DU COLLECTEUR
NLEAK - POUR UN COLLECTEUR AVEC LIQUIDE COMME MOYEN DE TRANSPORT OU POUR NE PAS TENIR COMPTE DES EFFETS DES FUITES D'AIR DANS LES CONDUITES
HX - POUR TENIR COMPTE DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT
NHX - POUR NE PAS FAIRE DE CALCULS CONCERNANT L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

1) Pour (SPACE ou SDHW) et ACTIVE avec FPLATE, choix d'un fluide comme moyen d'emmagasinement

AIR - POUR UN DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT À AIR
LIQ - POUR UN DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT À SUBSTANCE LIQUIDE

2) Pour AIR, choix d'un dispositif d'emmagasinement

ROCK - EMMAGASINEMENT DE CHALEUR DANS UN LIT DE PIERRES
PCES - EMMAGASINEMENT D'ÉNERGIE PAR TRANSFORMATION DE PHASE

DISPOSITIF DE TRANSFERT (du dispositif d'emmagasinement à charge)

1) Pour PROC ou LIQ SPACE, choisir un des suivants

HX - CHALEUR TRANSFÉRÉE À LA CHARGE PAR UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR
HP - ÉNERGIE FOURNIE PAR UNE THERMOPOMPE SÉRIE

CHARGE

1) Pour SPACE ou SDHW, choix d'une méthode d'imposition de charge de chauffage des pièces

INPUT - VALEURS MENSUELLES DE CHARGE FOURNIES PAR L'UTILISATEUR
UA - CHARGE DE CHAUFFAGE DES PIÈCES CALCULÉE À PARTIR DE LA VALEUR UA DU BÂTIMENT

AUXILIAIRES

1) Pour SPACE ou SDHW, choix d'un auxiliaire de chauffage des pièces

HP - THERMOPOMPE POUR LE CHAUFFAGE D'APPOINT DES PIÈCES
FUEL - CHAUDIÈRE CONVENTIONNELLE AU MAZOUT

ASPECTS ÉCONOMIQUES

1) Décider de l'étude ou non des aspects économiques

ECON - POUR AVOIR UNE ANALYSE ÉCONOMIQUE DE VOTRE INSTALLATION
NOECON - POUR N'AVOIR QU'UNE ANALYSE THERMIQUE

### 3.2.4 Modification des descriptions d'installations

À l'aide de l'instruction CHANGE, il est possible de modifier n'importe quelle partie de description d'installation. La description d'une installation étant composée de huit portions, il y a huit possibilités CHANGE pour modifier les descriptions:

```
CHANGE TYPE
CHANGE COLLECTOR
CHANGE TRANSFER
CHANGE STORE
CHANGE DELIVERY
CHANGE LOAD
CHANGE AUXILIARY
CHANGE ECONOMICS
```

Comme c'est le cas pour toute instruction d'entrée FCHART, chaque mot peut être remplacé par une abréviation; par exemple, CH COL remplace CHANGE COLLECTOR.

En utilisant une des instructions ci-dessus, vous éliminez de la mémoire une portion de la description de l'installation et obtenez des questions concernant cette portion. Si vous tapez CHANGE TYPE, par exemple, on vous demandera de choisir entre PROC, SPACE, SDHW et DHW. Ensuite, si vous répondez SPACE ou SDHW, on vous demandera si le mode de chauffage est actif ou passif. Après avoir répondu à toutes les questions posées, vous obtiendrez le message SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE.

FCHART s'assure toujours que vous n'avez pas déjà répondu à une question avant de la poser. Si vous tapez

```
CHANGE TYPE SPACE ACTIVE
```

par exemple, aucune question concernant le type d'installation ne vous sera posée. Ceci s'avère très utile si vous vous

souvenez des mots-clés qui correspondent à ce que vous désirez. Si vous ne vous en souvenez pas, vous n'avez qu'à attendre que l'on vous pose les questions. Le "guide de description rapide des installations" du tableau 1 peut également s'avérer très utile.

Il arrive parfois que le fait de modifier une portion de la description d'une installation entraîne un besoin de modification dans d'autres portions. Par exemple, les installations de chauffage à air des pièces ne demandent pas de choix de dispositif de transfert; elles comportent automatiquement des conduites d'air. Par contre, les installations de chauffage des pièces à substance liquide comme moyen de transport demandent que l'on spécifie soit un échangeur de chaleur soit une thermopompe comme dispositif de transfert. Si vous passez d'un dispositif d'emmagasinement à air à un dispositif d'emmagasinement à substance liquide, vous devez alors choisir entre HX et HP. Le programme n'omettra jamais de vous demander de lui fournir les données nécessaires.

Les instructions ECON et NOECON peuvent également être utilisées pour modifier la description en ce qui a trait aux aspects économiques. Pour obtenir une analyse économique avec chaque analyse thermique, il suffit de taper

**ECON**

Ceci correspond à l'instruction **CHANGE ECON ECON** mais est plus rapide. Si vous préférez ne pas obtenir d'analyse économique, vous pouvez utiliser l'instruction

**NOECON**

Ceci équivaut à **CHANGE ECON NOECON.**

# CHAPITRE 4

# PARAMÈTRES

## 4.1 Groupes de paramètres

Les performances d'une installation dépendent du choix des éléments la constituant et des caractéristiques de chaque élément. Une fois les éléments choisis (chapitre 3), leurs caractéristiques doivent être spécifiées. Pour ce faire, on donne à des "paramètres" des valeurs numériques convenables. Chaque élément d'installation (collecteur, circuit de transport, dispositif d'emmagasinement, etc) possède une série de paramètres qui lui sont propres, et qui décrivent ses caractéristiques de fonctionnement.

Il y sept groupes de paramètres:

| | | | |
|---|---|---|---|
| COLLECTOR | TRANSFER | STORAGE | DELIVERY |
| LOAD | AUXILIARY | ECONOMICS | |

Les paramètres constitutifs de chaque groupe peuvent dépendre du type d'élément ou d'analyse que l'on a choisi. Le rapport de concentration du collecteur, par exemple, est un paramètre qui appartient au collecteur, seulement si on utilise un collecteur CCP ou à formation d'image.

Plusieurs instructions LIST sont associées aux paramètres et groupes de paramètres. Ce sont les suivantes:

LIST ALL - énumération de tous les paramètres de l'installation utilisée

LIST PGROUPS - énumération des noms des groupes de paramètres, c'est-à-dire COLLECTOR, TRANSFER, STORAGE, etc.

LIST "nom de groupe" - énumération de tous les paramètres constituant le groupe spécifié, par exemple, LIST LOAD

LIST "nom de paramètre" - impression de la valeur du paramètre spécifié, par exemple, LIST C1

Si vous donnez l'instruction LIST ALL avant de décrire une installation, vous obtiendrez tous les paramètres de toutes les installations.

## 4.2 Valeurs assumées par défaut et unités

Chaque paramètre possède une valeur qu'il peut assumer par défaut. Ceci permet d'avoir un exemple d'installation en mémoire qui s'avère très utile pour le débutant et pour isoler des problèmes reliés aux variations que l'on retrouve d'un système d'ordinateur à l'autre. (Une liste des valeurs assumées par défaut pour tous les paramètres de FCHART est fournie à l'annexe A). Ces valeurs assumées par défaut ne représentent pas nécessairement les meilleures valeurs pour une installation quelconque installée en n'importe quel endroit. Il est possible de donner à tous les paramètres leurs valeurs assumées par défaut en utilisant l'instruction RESET.

FCHART a été conçu pour manipuler des paramètres et faire des calculs en unités SI ou unités anglaises. Les unités pour chaque paramètre, exprimées dans le système d'unités utilisé, sont indiquées à droite de la valeur du paramètre lorsque l'on obtient une énumération de paramètres de FCHART. Pour passer d'un système d'unités à l'autre, il suffit de taper UNITS. Tous les paramètres seront alors modifiés, quant à leurs unités, et un message apparaîtra indiquant le système d'unités utilisé.

## 4.3 Modification des valeurs de paramètres

Les paramètres sont désignés à l'aide d'une lettre, servant d'abréviation de nom de groupe, suivie d'un nombre. Par exemple, le premier paramètre associé au collecteur, celui de la superficie de collecteur, est désigné par "C1". Pour modifier la valeur de n'importe quel paramètre, il suffit de taper le nom du paramètre suivi de la valeur désirée. On peut utiliser le signe d'égalité ("=") si on le désire; on utilise donc

c1=50 ou c1 50

pour avoir une superficie de collecteur de 50. La valeur de certains paramètres peut être modifiée d'un mois à l'autre. Ces paramètres que nous décrivons plus en détails ci-dessous, peuvent avoir une valeur fixe pour une année complète en procédant de la façon indiquée ci-dessus.

## 4.4 Changement de valeur de paramètre d'un mois à l'autre

Pour établir les performances moyennes à longue échéance d'installations, FCHART procède à une série de douze analyses mensuelles. Dans certains cas, il est préférable, pour mieux faire ressortir les performances d'une installation ou améliorer la précision de l'analyse, de faire varier de mois en mois la valeur de certains paramètres comme la pente du collecteur ou le coefficient de réflexion du sol. Nous avons identifié sept paramètres comme étant ceux dont les utilisateurs voudront varier le plus fréquemment la valeur. Il s'agit des paramètres suivants:

C12. Pente de collecteur
C13. Angle d'azimuth de collecteur
C14. Coefficient de réflexion du sol
L3. Consommation d'eau chaude
L4. Température fixe de l'eau chaude
L5. Température des conduites principales d'eau
L6. Charge globale de chauffage par transfert ou de chauffage des pièces

Pour utiliser la même valeur de paramètre au cours des douze mois d'analyse, il suffit de traiter les paramètres indiqués ci-dessus de la même façon que n'importe quel autre paramètre; par exemple, le fait de poser que

```
c12=45
```

fixera la valeur de la pente du collecteur à 45 degrés. Pour assigner plus d'une valeur à un paramètre, il faut fournir douze valeurs, une pour chaque mois. Par exemple, pour fixer la pente du collecteur à 40 degrés d'avril à septembre inclusivement et à 50 degrés d'octobre à mars inclusivement, on tape ce qui suit

```
c12=50,50,50,40,40,40,40,40,40,50,50,50
```

Les signes d'égalité et les virgules sont facultatifs. Donc, en donnant l'instruction suivante:

```
?
list c12
```

vous obtiendrez

```
C12. COLLECTOR SLOPE.....................................
    50,00  50,00  50,00  40,00  40,00  40,00
    40,00  40,00  40,00  50,00  50,00  50,00                DEGREES
```

Les valeurs mensuelles sont énumérées de janvier à juin, de gauche à droite, sur la première ligne, et de juillet à décembre, de gauche à droite, sur la deuxième ligne.

## 4.5 Description des paramètres

Voici une brève description de chacun des paramètres. La description des méthodes d'analyse fournie à la section III de ce manuel donne de plus amples renseignements sur la façon d'utiliser chaque paramètre.

### 4.5.1 Paramètres associés au collecteur

C1. SUPERFICIE DE COLLECTEUR.....

Superficie totale d'ouverture du collecteur utilisée dans votre installation. Ici, il faut fournir la même superficie (brute ou nette) que celle utilisée pour établir C2 et C3.

C2. PRODUIT FR-UL.....

Si les données associées aux performances du collecteur sont portées sur un graphique "rendement du collecteur fonction de (Tin - Tamb)/I", les points peuvent habituellement être reliés par une droite. FR-UL, le produit du coefficient d'extraction de chaleur FR et du coefficient de pertes globales UL, correspond à la valeur négative de la pente de cette droite. Une méthode d'essai de collecteur qui permet d'établir FR-UL et FR-TAU-ALPHA est décrite dans la norme 93-77 ASHRAE. On suppose que la valeur de FR-UL est établie à partir de la superficie d'ouverture du collecteur.

Si les données sont portées sur le graphique en utilisant la température de sortie ou la température moyenne au lieu de la température à l'entrée, alors il faut

calculer FR-UL et FR-TAU-ALPHA (C2 et C3), tel que décrit au chapitre 10 de la troisième section de ce manuel. Les données utilisées pour tracer la courbe "rendement fonction de (Tin - Tamb)/I" doivent être obtenues en utilisant le débit de collecteur anticipé pour l'installation. Pour les collecteurs solaires de chauffage à substance liquide, les données obtenues pour divers débits peuvent être modifiées, tel qu'indiqué au chapitre 10.

C3. FR-TAU-ALPHA (INCIDENCE NORMALE).....

Le coefficient d'extraction de chaleur du collecteur FR fois le produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption TAU-ALPHA (parfois appelé efficacité optique) correspond à la valeur à laquelle la droite de rendement précédente coupe l'axe des ordonnés y.

C4. RAPPORT DE CONCENTRATION.....

Il s'agit du rapport de la superficie d'ouverture du collecteur à la superficie de l'absorbeur. Est utilisé pour les CCP et collecteurs concentrateurs à formation d'image seulement.

C5. DEMI-ANGLE DE RÉCEPTION DE CCP.....

Les collecteurs CCP n'acceptent que la radiation incidente à l'intérieur du demi-angle de réception de l'axe optique.

C6. NOMBRE DE COUVERCLES (SI 0, C15 EST UTILISÉ).....

Nombre de couvercles transparents recouvrant l'absorbeur du collecteur. Les paramètres C6-C8 sont utilisés pour évaluer l'effet de l'angle d'incidence pour les

collecteurs à plaque unie si C9 est fixé à 0 et C6 est supérieur à 0. Lorsque C6 est fixé égal ou inférieur à 0, on utilise le paramètre C15.

C7. INDICE DE RÉFRACTION.....

Pour les couvercles en verre, on utilise 1,526.

C8. COEFFICIENT D'ATTÉNUATION X LONGUEUR.....

Produit du coefficient d'atténuation du matériau du couvercle et de l'épaisseur de chaque couvercle. Voir Solar Engineering of Thermal Processes (10).

C9. CONSTANTE DE MODIFICATION DE L'ANGLE D'INCIDENCE (SI 0, C6-C8 SONT UTILISÉS).....

La constante de modification de l'angle d'incidence K(t) correspond au rapport du produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption à angle d'incidence t à ce même produit à incidence normale. Le paramètre C9, la constante en question, est la valeur b qui permet d'avoir la meilleure concordance avec la relation suivante:

$$K(t) = 1. - b(1./\cos(t) - 1.)$$

Il est possible d'établir expérimentalement la valeur de b pour les collecteurs à plaque unie, tel que décrit dans la norme 93-77 ASHRAE. Si on fixe la valeur de b à zéro, les paramètres C6-C8 sont utilisés pour traiter des effets d'angle d'incidence. Si la valeur de C6 est fixée égale ou inférieure à zéro, alors on utilise C15 quelle que soit la valeur de C9.

C10. DÉBIT DE COLLECTEUR X CHALEUR SPÉCIFIQUE/SUPERFICIE...

Il s'agit du taux de capacité thermique du collecteur par unité de surface. Pour les installations à air,

on utilise ce paramètre pour tenir compte des variations de stratification d'emmagasinement. Pour les installations à échangeurs de chaleur collecteur-dispositif d'emmagasinement, on l'utilise pour tenir compte des effets dus aux échangeurs de chaleur.

C11. AXE D'ORIENTATION VARIABLE (1=EO, 2=NS, 3=2-AXES).....

Avec les collecteurs à formation d'image, il est possible d'avoir trois possibilités d'orientation variable: orientation selon l'axe est-ouest, orientation selon l'axe nord-sud, et orientation selon deux axes.

C12. PENTE DE COLLECTEUR.....

Il s'agit de l'angle entre le plan de l'ouverture du collecteur et le sol (plan horizontal) (on peut lui assigner 12 valeurs, une pour chaque mois).

C13. ANGLE D'AZIMUTH DE COLLECTEUR.....

Il s'agit de l'angle entre la normale à la surface du collecteur et le méridien local; la valeur zéro correspond à une direction vers l'équateur. Les valeurs positives correspondent à des angles en direction ouest et les valeurs négatives en direction est. (On peut lui assigner 12 valeurs, une pour chaque mois).

C14. COEFFICIENT DE RÉFLEXION DU SOL.....

Il s'agit du coefficient de réflexion de la surface horizontale devant le collecteur. On l'utilise pour évaluer la quantité totale de radiation solaire incidente sur les collecteurs à plaque unie (on peut lui assigner 12 valeurs, une pour chaque mois).

C15. MODIFICATEURS D'ANGLE D'INCIDENCE (10,20,30,40,50,60, 70,80 DEGRÉS).....

Huit valeurs pour modifier les angles d'incidence s'échelonnant de 10 à 80 degrés. À 0 et 90 degrés, les modificateurs ont pour valeurs 1 et 0 respectivement. Pour les collecteurs à plaque unie, on n'utilise ces modificateurs que si la valeur de C6 est fixée à zéro ou à une valeur inférieure à zéro. Pour les CCP ou concentrateurs à axe unique d'orientation variable, il s'agit des modificateurs d'angle d'incidence pour le plan qui traverse l'axe du collecteur et qui est normal à l'ouverture du collecteur.

4.5.2 Paramètres de transport collecteur-dispositif d'emmagasinem

T1. EPS-CMIN DE HX COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT/ SUPERFICIE DE COLLECTEUR.....

Efficacité de l'échangeur de chaleur collecteur-dispositif d'emmagasinement fois le minimum des deux taux de capacité (débit massique fois chaleur spécifique à travers l'échangeur de chaleur, divisé par la superficie du collecteur. Pour les installations de chauffage combiné à air des pièces et de l'eau, ce paramètre réfère à l'échangeur de chaleur allant de la conduite de sortie du collecteur au réservoir de réchauffement de l'eau.

T2. UA DU TUYAU OU DE LA CONDUITE D'ADMISSION DU COLLECTEUR

Coefficient de pertes globales U du tuyau ou de la conduite d'admission multiplié par la superficie A.

T3. UA DU TUYAU OU DE LA CONDUITE DE SORTIE DU COLLECTEUR

Coefficient de pertes globales U du tuyau ou de la conduite de sortie du collecteur multiplié par la superficie A.

T4. DÉBIT DES FUITES DE LA CONDUITE DU COLLECTEUR (%).....

Pourcentage du débit de la conduite de sortie du collecteur qui représente des fuites. On suppose que le collecteur est soumis à une pression négative, c'est-à-dire que les fuites entraînent une pénétration d'air dans la conduite et non l'inverse.

T5. EMPLACEMENT DE FUITE DE CONDUITE (1=ADMISSION,2=SORTIE, 3=LES DEUX CONDUITES).....

On suppose que les fuites globales surviennent dans la conduite d'admission, la conduite de sortie ou sont réparties uniformémemnt entre ces deux conduites.

4.5.3 Paramètres associés au dispositif d'emmagasinement

S1. CAPACITÉ DE RÉSERVOIR/SUPERFICIE DE COLLECTEUR.....

Il s'agit de la capacité d'emmagasinement d'énergie du réservoir par unité de superficie du collecteur (masse emmagasinée multipliée par la chaleur spécifique et divisée par la superficie du collecteur). Pour les installations de chauffage combiné des pièces et de l'eau à substance liquide, ceci est la capacité du réservoir pour le chauffage des pièces plus la capacité du réservoir de réchauffement de l'eau domestique, si on en utilise un. Lorsqu'il faut tenir compte de deux réservoirs, les paramètres S2 et S3 doivent avoir des valeurs qui permettent de calculer la bonne valeur UA de réservoir.

Pour le chauffage combiné à air des pièces et de l'eau, ceci est la capacité du dispositif d'emmagasinement pour le chauffage des pièces et du réservoir de réchauffement de l'eau chaude domestique. Dans un tel cas, S3 représente la valeur U du réservoir de réchauffement de l'eau SEULEMENT.

S2. RAPPORT HAUTEUR/DIAMÈTRE DU DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

Il s'agit du rapport de la hauteur du réservoir auquel réfère le paramètre S1 à son diamètre.

S3. COEFFICIENT DE PERTES DE CHALEUR.....

Il s'agit du coefficient de pertes globales du réservoir auquel réfère le paramètre S1.

S4. TEMPÉRATURE DE L'ENTOURAGE (-1 000 POUR TENV=TAMB)....

Température à laquelle les pertes du réservoir surviennent. Si on spécifie -1 000, la température de l'entourage est fixée à la valeur moyenne de la température ambiante mensuelle.

S5. UA DU RÉSERVOIR AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE.....

Coefficient de pertes globales U multiplié par la superficie A du réservoir auxiliaire d'eau chaude. On suppose que la température du réservoir auxiliaire est égale à la température fixée pour l'eau chaude (paramètre L4).

S6. TEMPÉRATURE DE L'ENTOURAGE DU RÉSERVOIR AUXILAIRE D'EAU CHAUDE.....

Température à laquelle les pertes de chaleur du réservoir auxiliaire d'eau chaude surviennent.

S7. CAPACITÉ DE LIT DE PIERRES/SUPERFICIE DE COLLECTEUR...

Il s'agit de la capacité d'emmagasinement d'énergie (masse multipliée par la chaleur spécifique) du lit de pierres par unité de superficie de collecteur.

S8. VOLUME DE TRANSFORMATION DE PHASE/SUPERFICIE DE COLLECTEUR (X 1 000).....

Volume du dispositif de transformation de phase divisé par la superficie du collecteur multiplié par 1 000. Le volume de la substance qui subit la transformation de phase est égal au volume du dispositif de transformation de phase multiplié par un moins la fraction de volume ne contenant pas de substance (paramètre S10).

S9. DENSITÉ DE LA SUBSTANCE SUBISSANT LA TRANSFORMATION DE PHASE.....

Il s'agit de la densité de la substance qui subira la transformation de phase dans le dispositif d'emmagasinement (non pas la densité moyenne du dispositif d'emmagasinement).

S10. FRACTION DU VOLUME SANS SUBSTANCE.....

Il s'agit de la fraction du volume du dispositif d'emmagasinement qui ne contient pas de substance qui subira une transformation de phase.

S11. CHALEUR SPÉCIFIQUE DE LA PHASE SOLIDE.....

Il s'agit de la chaleur spécifique de la substance qui subira une transformation de phase lorsqu'elle est solide.

S12. CHALEUR SPÉCIFIQUE DE LA PHASE LIQUIDE.....

Il s'agit de la chaleur spécifique de la substance qui

subira une transformation de phase lorsqu'elle est liquide.

S13. CHALEUR DE FUSION.....

Il s'agit de l'énergie absorbée pour faire fondre une masse unitaire de substance utilisée pour sa transformation de phase.

S14. TEMPÉRATURE DE FUSION.....

Température à laquelle la substance qui subit une transformation de phase fond.

4.5.4 Paramètres associés dispositif de transfert

D1. ESP-CMIN DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR DE CHARGE.....

Rendement de l'échangeur de chaleur de charge multiplié par le minimum des deux taux de capacité (masse fois la chaleur spécifique) à travers l'échangeur de chaleur.

D2. TEMPÉRATURE MINIMALE D'EXPLOITATION DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR.....

Température minimale d'emmagasinement permettant de faire fonctionner la pompe et le ventilateur de l'échangeur de chaleur de charge.

D3. NUMÉRO DE THERMOPOMPE DE TRANSFERT.....

Les performances des thermopompes sont représentées par des "numéros de thermopompe" (voir le chapitre 8). Ce paramètre est utilisé pour représenter le numéro correspondant aux performances de la thermopompe utilisée pour fournir de la chaleur du dispositif d'emmagasinement à la charge.

D4. TEMPÉRATURE MINIMALE DE L'ABSORBEUR DE THERMOPOMPE...

Température minimale d'emmagasinement (température de l'absorbeur de thermopompe) pour que la thermopompe fonctionne.

D5. TEMPÉRATURE DE CONTOURNEMENT DE LA THERMOPOMPE.....

Il s'agit de la température d'emmagasinement maximale pour que la thermopompe fonctionne. Si la température d'emmagasinement devient supérieure à cette valeur, la chaleur est fournie par l'entremise de l'échangeur de chaleur et la thermopompe est contournée.

4.5.5 Paramètres associés à la charge

L1. UA DU BÂTIMENT.....

Il s'agit du coefficient de pertes globales du bâtiment U multiplié par la superficie extérieure A. La charge totale associée au bâtiment pour un mois est la valeur UA multipliée par la valeur mensuelle en degrés-jours (basée sur une température de base de 18,3°C (65°F)). Les degrés-jours peuvent être obtenus en utilisant LIST DATA ou LIST DDAYS et peuvent être introduits ou modifiés à l'aide de ENTER ou CHANGE.

L2. TEMPÉRATURE DE LA PIÈCE.....

Il s'agit de la température de l'air non chauffé qui pénètre dans l'échangeur de chaleur de charge.

L3. CONSOMMATION D'EAU CHAUDE.....

Il s'agit de la demande massique globale moyenne par jour (demande massique globale pour le mois divisée par le nombre de jours dans le mois).

L4. TEMPÉRATURE FIXÉE POUR L'EAU CHAUDE.....

Il s'agit de la température à laquelle on désire avoir l'eau chaude. Cette température est utilisée pour calculer les charges totales de chauffage de l'eau et elle a une influence sur les pertes de chaleur du réservoir auxiliaire (voir le paramètre S5).

L5. TEMPÉRATURE DE L'EAU DE LA CONDUITE PRINCIPALE.....

Il s'agit de la température de l'eau froide fournie à l'installation de chauffage de l'eau.

L6. CHARGE GLOBALE DE CHAUFFAGE PAR TRANSFERT OU CHAUFFAGE DES PIÈCES.....

Il s'agit de la demande totale d'énergie moyenne par jour.

L7. NOMBRE D'HEURES PAR JOUR.....

Il s'agit du nombre d'heures d'utilisation de l'installation par jour. On suppose que la distribution de charge dans le temps a peu d'influence. Seul le taux de capacité mensuel (taux de capacité horaire multiplié par le nombre d'heures d'utilisation au cours du mois) est utilisé pour l'analyse (voir la section III).

L8. TEMPÉRATURE DE RETOUR DE LA CHARGE.....

La température d'admission du côté froid de l'échangeur de chaleur de charge; la température du fluide retourné de la charge à l'échangeur de chaleur (Tli de la figure 1.1).

4.5.6 Paramètres associés aux auxiliaires

A1. TYPE DE COMBUSTIBLE DE L'AUXILIAIRE (1-GAZ,2=ÉLEC, 3=MAZOUT).....

Il s'agit du type de combustible utilisé par le dispositif auxilaire de chauffage des pièces ou de chauffage par transfert. On utilise 1 pour le gaz, 2 pour l'électricité et 3 pour le mazout. Si un autre type de combustible est utilisé, choisir un de ces trois et fournir les coûts pertinents en utilisant l'instruction FLDATA. Ce paramètre n'est utilisé que pour donner le résumé de l'énergie achetée et calculer les dépenses en combustible.

A2. RENDEMENT DU DISPOSITIF AUXILIAIRE.....

Il s'agit du rendement annuel moyen du dispositif auxiliaire utilisé. La consommation totale en combustible est égale à la demande totale d'énergie divisée par par le rendement de consommation.

A3. COMBUSTIBLE DU DISPOSITIF AUXILIAIRE POUR EAU CHAUDE (1=GAZ,2=ÉLEC,3=MAZOUT).....

Il s'agit du type de combustible utilisé par l'auxiliaire de chauffage de l'eau domestique. (Voir Al ci-dessus).

A4. RENDEMENT DU CHAUFFE-EAU AUXILIAIRE.....

Il s'agit du rendement annuel moyen du chauffe-eau auxiliaire. La consommation de combustible est égale à la demande d'énergie divisée par le rendement.

A5. NUMÉRO DE THERMOPOMPE AUXILIAIRE.....

Les performances d'une thermopompe sont représentées

par un "numéro de thermopompe" (voir le chapitre 8). Comme valeur pour ce paramètre, utiliser le numéro de l'ensemble des performances de thermopompe qui correspond à la thermopompe autonome (auxiliaire).

4.5.7 Paramètres associés aux aspects économiques

E1. DÉTAIL DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE (1,2 OU 3)

Trois niveaux de détail sont disponibles pour les résultats de l'analyse économique. Utiliser 1 pour un court exposé des résultats, 2 pour des indicateurs économiques plus complets, et 3 pour des résumés de mouvements annuels de capital.

E2. INSTALLATION DE COMPARAISON OU DE RÉFÉRENCE (1 ou 2)

La portion économie du programme peut être utilisée pour établir les coûts d'achat et d'exploitation durant la durée de vie de l'installation ou pour établir les coûts et l'épargne par rapport à une installation de référence quelconque. Fixer la valeur de ce paramètre à 1 pour avoir les renseignements concernant les coûts de l'installation durant sa durée de vie ("installation de référence") seulement. Avec E2=2, l'installation étudiée est comparée à l'installation de référence la plus récemment utilisée.

E3. CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT (OUI=1,NON=2).....

Avec E3=1, le taux de rendement de l'investissement associé à l'installation étudiée par rapport à celui de l'installation de référence peut être calculé. Pour éviter ce calcul, poser E3=2.

E4. BÂTIMENT À REVENUS (OUI=1,NON=2).....

Utiliser 1 pour un bâtiment commercial et 2 pour une résidence. Les bâtiments commerciaux comportent des crédits de taxe fédéraux, des déductions d'impôts et des déductions pour dépréciation différents.

E5. DEPRC: STR, LN.=1, DC.BAL.=2.SM-YR-DGT=3, AUCUNE=4.....

Vous pouvez utiliser trois types de dépréciation pour les bâtiments commerciaux: linéaire, solde décroissant et en fonction du nombre total d'années. Avec E5=4, on ne tient pas compte de la dépréciation.

E6. CRÉDITS DE TAXE FÉDÉRAUX (OUI=1,NON=2).....

Utiliser E6=1 pour avoir des crédits de taxe fédéraux et E6=2 pour les ignorer.

E7. ÉRIODE DE TEMPS UTILISÉE POUR L'ANALYSE.....

Il s'agit du nombre d'années correspondant à la "durée de vie". On suppose que l'installation est vendue et que tout solde d'emprunt est payé au cours de la dernière année.

E8. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION ÉLIGIBLE À DES CRÉDITS L'IMPÔT.....

De façon générale, une partie des coûts de l'installation sera éligible à des crédits d'impôt et une partie ne le sera pas. En outre, certains des coûts découlent de l'achat d'éléments qui sont en voie d'être OPTIMALISÉS ou PLACÉS DANS LE CIRCUIT (voir le chapitre 5) alors que le reste de l'investissement initial ne dépend pas de ces éléments. La valeur de ce paramètre doit être égale au coût global

de l'installation éligible aux crédits d'impôt et indépendant de tout élément qui est OPTIMALISÉ ou PLACÉ DANS LE CIRCUIT.

E9. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION QUI N'EST PAS ÉLIGIBLE AUX CRÉDITS D'IMPÔT.....

Il s'agit des coûts de l'installation qui ne sont pas éligible aux crédits d'impôt et qui sont indépendants de tout élément associés aux instructions LOOP ou OPTIMIZE (voir E8 ci-dessus).

E10. AUGMENTATION ANNUELLE DE LA DEMANDE EN ÉNERGIE ACHETÉE

Augmentation annuelle en pourcentage de la demande en énergie achetée. Habituellement, cette augmentation découle de la dégradation des performances de l'installation solaire. Attention: les besoins en énergie achetée après N années correspondent à (1 + E10/100)**N fois les besoins de la première année. Si la valeur de E10 est de 15%, les besoins en énergie achetée doubleront en cinq ans.

E11. DURÉE DE L'EMPRUNT.....

Il s'agit de la durée de l'emprunt en années. Si l'installation est payée comptant, poser E11=1 et E12=100.

E12. PAIEMENT INITIAL (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL)....

Il s'agit du pourcentage du coût total de l'installation qui sera payé au départ.

E13. TAUX D'INTÉRÊT ANNUEL DE L'EMPRUNT.....

Il s'agit du taux d'intérêt payé pour l'emprunt.

E14. VALEUR DE VENTE (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL)....

Montant reçu pour la vente de l'installation au cours de la dernière année de l'analyse, en pourcentage du coût original. Pour les bâtiments commerciaux, on suppose que ce montant correspond au maximum de la valeur de vente et à la valeur à laquelle l'investissement a été déprécié.

E15. TAUX D'ESCOMPTE NOMINAL (DU MARCHÉ) ANNUEL.....

Le taux d'escompte nominal est le taux de rendement annuel de la meilleure possibilité d'investissement. Il s'agit du vrai taux de rendement plus le taux général de l'inflation. Puisque des sommes disponibles peuvent être utilisées pour rembourser l'emprunt, le taux de rendement minimal (taux d'escompte) correspond au taux d'intérêt de l'emprunt.

E16. PRIMES D'ASSURANCE SUPPLÉMENTAIRES ET ENTRETIEN AU COURS DE L'AN 1 (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL).....

Tous les frais divers qui ne peuvent être imputés ailleurs doivent être inclus avec les primes d'assurance et les frais d'entretien dont il est question ici. Les frais sont exprimés en pourcentage de l'investissement original (coût total de l'installation).

E17. AUGMENTATION ANNUELLE PERCENTILE DES DÉPENSES CI-DESSUS

Il s'agit de l'augmentation percentile annuelle des primes d'assurance, coûts d'entretien et frais divers dont il est question en E16.

E18. TAUX D'IMPOSITION EFFECTIF FÉDÉRAL-PROVINCIAL.....

Puisque les impôts payés aux provinces sont déductibles de l'impôt payé au gouvernement fédéral, le taux d'imposition effectif fédéral-provincial est donné par la relation suivante:

$$(F + S - (F * S)) * 100$$

où F et S sont les taux d'imposition du gouvernement fédéral et du gouvernement provincial respectivement (entre 0 et 1, et non en pourcentages). On suppose que ces taux d'imposition demeurent constants au cours de la période utilisée pour l'analyse. Pour les provinces qui accordes crédits d'impôt pour l'impôt payé au gouvernement fédéral, le taux d'imposition effectif est donné par

$$(F + S - 2(F * S)) * 100/(1 - (F * S))$$

E19. TAUX RÉEL DE TAXE FONCIÈRE PAR $ D'INVESTISSEMENT ORIGINAL

Puisque les taxes foncières sont établies en fonction d'une valeur d'évaluation plutôt que d'un coût réel, le taux réel de taxe foncière est donné par la relation suivante:

(TAUX DE TAXATION EN FONCTION DE LA VALEUR D'ÉVALUATION) * (VALEUR D'ÉVALUATION/COÛT DE L'INSTALLATION)

E20. AUGMENTATION PERCENTILE ANNUELLE DU TAUX DE TAXE FONCIÈRE

Il s'agit de l'augmentation percentile annuelle du taux réel de taxe foncière (fourni par le paramètre E19).

E21. CRÉDIT PROVINCIAL DE PREMIÈRE ÉTAPE.....

On suppose que le système de crédits d'impôt est constitué de deux étapes. Un tauxest utilisé pour les coûts endeça d'un certain maximum d'investissement et un second taux est utilisé pour les coûts supplémentaires jusqu'à un

second maximum. Le crédit de taxe accordé est égal à la valeur du paramètre E21 multipliée par le minimum des coûts de l'installation et E22 plus E23 multiplié par le reste des coûts de l'installation au-delà de E22 mais non de E24.

E22. MAXIMUM D'INVESTISSEMENT DE PREMIÈRE ÉTAPE POUR LE CRÉDIT D'IMPÔT PROVINCIAL.....

Il s'agit du maximum d'investissement qui peut être crédité au taux donné par le paramètre E21.

E23. CRÉDIT PROVINCIAL DE SECONDE ÉTAPE.....

Taux de crédit de taxe appliqué à l'investissement qui dépasse le montant spécifié pour le paramètre E22.

E24. MAXIMUM D'INVESTISSEMENT DE SECONDE ÉTAPE POUR LE CRÉDIT D'IMPÔT PROVINCIAL.....

Coût au-delà duquel aucun crédit d'impôt provincial n'est accordé (voir E21 ci-dessus).

E25. PÉRIODE D'UTILISATION AUX FINS DE DÉPRÉCIATION.....

Il s'agit de la période au cours de laquelle l'installation commerciale sera dépréciée complètement. Si elle est supérieure à la période utilisée pour l'analyse (paramètre E7), alors elle peut affecter la valeur de vente anticipée (voir le paramètre E14 ci-dessus).

E26. % DU TAUX DE DÉPRÉCIATION LINÉAIRE (DÉPRÉCIATION EN FONCTION DU SOLDE DÉCROISSANT).....

Le gouvernement fédéral permet d'utiliser plusieurs taux pour déduire des investissements lorsque la méthode du solde décroissant est utilisée. Ces taux sont exprimés en termes de pourcentages du taux de dépréciation linéaire; poser E26=200 pour une dépréciation en fonction du "double du solde décroissant".

# CHAPITRE 5

## COMMENT PROCÉDER À UNE ANALYSE OU SÉRIE D'ANALYSES

Par analyse à l'aide de FCHART, on entend une évaluation des performances thermiques de l'installation, un résumé de l'énergie achetée et si on le désire, une analyse économique pour la durée de vie de l'installation. Les résultats d'analyse dépendent de l'installation choisie, des possibilités utilisées et des valeurs utilisées pour les paramètres pertinents et coûts de combustible. Dans le chapitre 1, on a traité de la description de l'installation et de l'utilisation ou de l'omission des aspects économiques au cours de la durée de vie de l'installation. On a traité des valeurs pouvant être utilisées pour les différents paramètres au chapitre 2. La description des coûts de combustible et des aspects économiques constituait le chapitre 4. Après avoir choisi une installation et assigné des valeurs aux paramètres, il faut utiliser des instructions pour procéder à une analyse ou une série d'analyses connexes à l'aide de FCHART; c'est ce dont il sera question maintenant.

Pour amorcer une analyse ou des analyses connexes, on utilise l'instruction RUN. Si l'instruction OPTIMIZE a été donnée, l'instruction RUN amorcera une analyse de l'installation avec le paramètre choisi à sa valeur optimale. L'instruction LOOP sert à assigner une série de valeurs à n'importe quel paramètre. Si LOOP est utilisé, l'instruction

RUN entraînera des analyses avec le paramètre en question prenant chacune des valeurs fournies. Pour pouvoir utiliser OPTIMIZE et LOOP, l'utilisateur doit fournir des données concernant les coûts de l'installation en fonction du paramètre dont la valeur varie. Pour ce faire, on utilise l'instruction OPDATA, instruction également décrite dans ce chapitre.

## 5.1 L'instruction RUN

On utilise l'instruction RUN pour procéder à une analyse et pour spécifier l'endroit géographique désiré et le format de présentation de l'analyse thermique. L'instruction RUN possède le format suivant:

RUN (numéro d'emplacement (SHORT ou LONG)

Les détails apparaissant entre parenthèses sont facultatifs et peuvent être fournis dans un ordre quelconque. Si on omet de fournir un de ces détails, alors le dernier numéro d'emplacement utilisé (ou numéro assumé par défaut si aucun n'a été fourni) ou dernière longueur de présentation utilisée sera utilisé. Comme données utilisées par défaut, on a Ottawa (Ontario) comme emplacement et LONG comme présentation des performances thermiques (mensuelles). Les numéros d'emplacement de la banque de données fournie avec le programme sont donnés à l'annexe B.

### 5.1.1 Exemples

Pour procéder à l'analyse d'une installation située dans l'emplacement 44 et obtenir un tableau court des résultats de l'analyse thermique, on utilise

run short 44

ou

run 44 short

Pour procéder à une autre analyse dans le même emplacement avec le même format de présentation, il suffit de taper

run

Pour garder le même emplacement mais passer d'une présentation des résultats de l'analyse thermique SHORT à une présentation LONG, on utilise

run long

La longueur de la présentation des résultats de l'analyse économique est déterminée par la valeur assignée au paramètre associé à l'économie E1.

5.2 Présentation des résultats d'analyse

Le tableau des résultats de l'analyse thermique que vous obtenez est fonction des éléments que vous avez choisis pour constituer votre installation. Les abréviations suivantes sont utilisées pour identifier les totaux ou moyennes annuels ou mensuels dans les tableaux de résultats:

HT - radiation solaire totale incidente à l'ouverture du collecteur

TA - température ambiante moyenne

SHLOAD - charge totale de chauffage des pièces

HWLOAD - charge totale de chauffage de l'eau (incluant les pertes du réservoir auxiliaire)

LOAD - charge totale

QU - gain total d'énergie utile du collecteur

QLOSS - pertes totales d'énergie du dispositif d'emmagasinement

DELTE - variation globale en énergie interne du dispositif d'emmagasinement

FNP - fraction de la charge totale qui est de l'énergie non achetée

FDHW - fraction de la charge de chauffage d'eau qui est de l'énergie non achetée

FW - fraction de la charge totale qui est en travail d'entrée aux thermopompes.

Le résumé de l'énergie achetée comprend la consommation totale d'énergie par année et son coût en fonction du type de combustible. Le chapitre 6 traite des résultats de nature économique.

5.3 L'instruction LOOP

Il y a trois formes d'instruction LOOP:

LOOP par. = a TO b STEP c

LOOP par. = a TO b MULT c

LOOP par. = a,b,c,d,e

Le signe d'égalité et le mot TO sont facultatifs dans chacun des cas. Avec la première forme d'instruction, le paramètre indiqué se voit assigné au départ la valeur a et une analyse est effectuée. La valeur du paramètre est ensuite augmentée de c et une autre analyse est effectuée. Cette opération est répétée aussi longtemps que la valeur du paramètre n'excède pas b. Cette forme d'instruction LOOP est semblable à une boucle DO en FORTRAN ou une boucle FOR en BASIC.

Avec la seconde forme d'instruction, le paramètre se voit assigné au départ la valeur a, qui est ensuite multipliée par c jusqu'à ce que la valeur b soit atteinte. Pour ces deux premières formes, b doit être supérieur ou égal à a. Pour utiliser STEP, il faut que c soit supérieur à zéro. Avec MULT, c doit être supérieur à 1.

La troisième forme d'instruction LOOP permet à l'utilisateur de donner jusqu'à 5 valeurs différentes au paramètre indiqué. Une analyse est effectuée pour chaque valeur.

Dans chacun des cas, le coût de l'installation et les valeurs pour n'importe quelle série de variables dépendantes sont fixés en fonction des données d'optimalisation fournies. Toutefois, il est nécessaire que l'utilisateur introduise les données d'optimalisation associées à un paramètre avant que ce paramètre n'apparaisse dans l'instruction LOOP. Noter que les "coûts de base de l'installation" (paramètres E8 et E9) doivent être fixés à la valeur des coûts de l'installation, à l'exclusion de toute valeur de coûts associée à des paramètres faisant partie des instructions LOOP ou OPTIMIZE.

5.3.1 Exemples

```
loop c1=10 to 50  step 10
```

Il s'agit de cinq analyses avec des superficies de collecteur égales à 10, 20, 30, 40 et 50.

```
loop c1=10 to 400 mult 2
```

Il s'agit de cinq analyses avec des superficies de collecteur égales à 25, 50, 100, 200 et 400.

loop s1=350,700,1500

Il s'agit de trois analyses avec des valeurs de capacité de réservoir par unité de superficie de collecteur fixées à 350, 700 et 1500.

5.4 L'instruction OPTIMIZE

La forme de l'instruction OPTIMIZE est tout simplement la suivante:

OPTIMIZE par.

Pour procéder à l'optimalisation de la superficie du collecteur, par exemple, il suffit de taper

OPTIMIZE C1

Avec OPTIMIZE, la valeur du paramètre indiqué qui permet d'obtenir un minimum de coûts pour l'installation au cours de sa vie utile est établie. On suppose que cette valeur optimale se situe entre les valeurs minimale et maximale fournies parmi les données d'optimalisation. Tel que décrit à la section 5.6, le coût de l'installation et les valeurs de n'importe quelles variables dépendantes sont fixés en fonction des données d'optimalisation. Noter que les "coûts de base de l'installation" (paramètres E8 et E9) doivent être fixés à la valeur des coûts de l'installation, à l'exclusion de toute valeur de coûts associée à des paramètres faisant partie des instructions LOOP ou OPTIMIZE.

5.5 Interactions entre RUN, LOOP et OPTIMIZE

Les instructions LOOP et OPTIMIZE ont toutes deux une influence sur l'instruction RUN utilisée par la suite. L'instruction LOOP peut être utilisée en tout temps pour

choisir un paramètre qui variera lorsque le prochain RUN sera utilisé. L'instruction OPTIMIZE peut être utilisée avant ou après LOOP, ou indépendamment de LOOP, pour choisir un paramètre à des fins d'optimalisation. Lorsque LOOP et OPTIMIZE sont utilisés concurremment, la valeur optimale du paramètre de l'instruction OPTIMIZE est établie pour chaque valeur du paramètre de l'instruction LOOP. Il n'y a aucune raison de spécifier le même paramètre dans les deux instructions. Une fois l'exécution des opérations associées à l'instruction RUN terminée, les effets de toute instruction LOOP ou OPTIMIZE antérieure n'existent plus; chacune de ces instructions affecte l'instruction suivante RUN et seulement la suivante.

5.6 Données d'optimalisation et données associées à LOOP

Afin d'obtenir des résultats économiques significatifs, le coût de l'installation doit être modifié lorsque des paramètres associés à des éléments achetés sont variés. Puisque l'effet de LOOP et OPTIMIZE est de varier des paramètres, l'utilisateur doit fournir des données qui permettent à FCHART de calculer le coût de l'installation en conséquence. L'instruction OPDATA est utilisée pour introduire des données de coût en fonction de valeur de paramètre. En outre, OPDATA peut être utilisé pour indiquer comment d'autres paramètres "dépendants" doivent varier en fonction des paramètres "indépendants" des instructions LOOP ou OPTIMIZE. Avant d'utiliser LOOP ou OPTIMIZE, l'utilisateur doit fournir des données d'optimalisation.

Pour introduire des données d'optimalisation, taper OPDATA ou OPDATA suivi du paramètre pour lequel vous voulez introduire des données. Si vous omettez d'indiquer un paramètre, FCHART posera la question suivante:

INDEPENDENT VARIABLE ?

Par "independent variable", on entend le paramètre que vous voulez indiquer dans une instruction LOOP ou OPTIMIZE. Pour répondre à la question, il suffit de taper le nom du paramètre en question. Le programme peut accepter des données associées à cinq variables indépendantes. Si l'emplacement de mémoire destiné à cette fin est engorgé, le programme vous demandera d'indiquer l'information que vous désirez éliminer pa écrit (la question est "DELETE WHICH VARIABLE?"). L'information ainsi éliminée le sera à jamais. La question suivante

DEPENDENT VARIABLES (UP TO 5) ?

vous permet de choisir un maximum de cinq paramètres additionnels à varier en fonction de votre variable indépendante. A titre d'exemple, si vous désirez procéder à l'optimalisation du volume du réservoir d'emmagasinement en variant le coefficient de pertes du réservoir en fonction du volume, vous devez répondre S1 à la première question et S3 à la seconde. Si vous n'avez aucune variable dépendante à l'esprit, vous pouvez le signaler en tapant NONE.

La relation entre la variable indépendante, n'importe quelle variable dépendante et le coût de l'installation est décrite par l'introduction de "points de données". Chaque

point de données consiste en une valeur de variable indépendante, des valeurs de variables dépendantes et le coût correspondant de l'installation, au-delà du coût de base. À titre d'exemple, posons que la valeur FR-UL de collecteur constitue la variable indépendante et la valeur FR-TAU-ALPHA de collecteur la variable dépendante. Si un collecteur avec une valeur FR-UL de 4 et une valeur FR-TAU-ALPHA de 0,7 coûte 1 000 $, un des points de données que vous pourriez utiliser est le suivant:

4,0, 0,7, 1000

Ceci signifie que pour une variable indépendante égale à 4, la variable dépendante est égale à 0,7 et le coût afférent (coût du collecteur dans cet exemple) est de 1 000 $. On peut utiliser jusqu'à cinq points de données pour chaque variable indépendante. Lorsque la valeur de la variable indépendante (établie par l'algorithme d'optimalisation ou une instruction LOOP) se situe entre deux points de données, les valeurs de variable dépendante et le coût sont établis par interpolation linéaire.

Après avoir identifié les variables indépendantes et dépendantes désirées, le programme vous demandera d'indiquer le nombre de points de données que vous désirez utiliser. Si les relations entre la variable indépendante et chaque variable dépendante sont linéaires, 2 points de données suffisent. Lorsqu'il s'agit de relations quadratiques, exponentielles ou autres relations définitivement non linéaires, il faut utiliser plus de 2 points de données afin de réduire au maximum les erreurs

de calcul des valeurs des variables dépendantes et des coûts.

NUMBER OF DATA POINTS (2 TO 5) ?

Vous devez utiliser au moins 2 points de données et pas plus de 5. Ensuite on vous demande d'introduire à l'aide du clavier le nombre de points de données que vous avez spécifié, c'est-à-dire

2
ENTER 2 DATA POINTS

Vous procéder à cette introduction des points de données en utilisant le nombre de lignes que vous désirez. Les valeurs de variable indépendante doivent être données par ordre croissant. Pour l'optimalisation, la première valeur de variable indépendante sera utilisée comme valeur de minimum et la dernière comme valeur de maximum; l'algorithme d'optimalisation établira la meilleure valeur entre le minimum et le maximum.

En général, une partie du coût d'une installation peut être utilisée pour obtenir des crédits d'impôt fédéraux ou provinciaux et une autre ne peut être utilisée à cette fin. En outre, une partie du coût sera reliée aux paramètres indiquées dans les instructions LOOP ou OPTIMIZE et le reste de l'investissement ne dépendra pas de ces paramètres. Pour toute analyse de n'importe quelle installation, le coût total de l'installation est constitué de quatre parties: le coût pour lequel des crédits d'impôt peuvent être accordés et relié à des paramètres qui seront variés, le coût pour lequel des crédits d'impôt peuvent être accordés et indépendant de ces paramètres, les frais "fixes" de l'installation pour

lesquels on ne peut accorder de crédits d'impôt, et les frais variables pour lesquels on ne peut demander des crédits d'impôt. Les deux coûts qui sont indépendants de tout paramètre indiqué dans les instructions LOOP ou OPTIMIZE doivent être fournis en tant que paramètres économiques E8 et E9. De façon générale, la valeur de ces paramètres doit être fournie à nouveau chaque fois que l'on décide d'utiliser LOOP ou OPTIMIZE ou que LOOP ou OPTIMIZE n'est plus utilisé. Les coûts qui sont reliés aux paramètres variables devraient être fournis en tant que données d'optimalisation.

À titre d'exemple, posons qu'il faut optimaliser la superficie du collecteur. Les coûts qui sont associés au collecteur varient habituellement de façon linéaire en fonction de la superficie et peuvent être de l'ordre de 250 $ au mètre carré. Les coûts qui n'ont rien à voir avec le collecteur pour une installation élémentaire résidentielle peuvent être de l'ordre de 1 000 $. Pour fournir ces coûts en tant que montants donnant droit aux crédits d'impôt, il faut poser E8=1000 et E9=0. Les deux points de données indiqués ci-dessous permettront à FCHART de trouver la superficie optimale de collecteur, située entre 0 et 1 000 mètres carrés.

0,0 100,250000

La question finale OPDATA

COST ELIGIBLE FOR TAX CREDITS (YES,NO) ?

peut être répondue dans l'affirmative pour s'assurer d'avoir les crédits d'impôt pertinents.

Certains paramètres, c'est-à-dire C10, T1, S1, S7 et S8, donnent des quantités établies par unité de superficie de collecteur. Puisque le prix d'un réservoir, par exemple, est fonction de sa capacité et non de la capacité par unité de superficie de collecteur, les données de coûts sont fonction de la superficie du collecteur et de ces valeurs des paramètres. Pour les paramètres C10, T1, S1, S7 et S8, les valeurs et coûts utilisés pour constituer les points de données devraient être exprimés en termes des quantités pertinentes indépendantes de la superficie du collecteur. À titre d'exemple, posons que le volume du réservoir d'emmagasinement constitue la variable indépendante et le coefficient de pertes du réservoir la variable dépendante. Si le coefficient de pertes d'un réservoir de capacité égale à 420 KJ/$^{o}$C est de 2 W/$^{o}$C-M$^{2}$ et qu'il coûte 100 $, un des points de données utilisé pourrait être le suivant:

420, 2, 100

Ceci signifie qu'un réservoir de 420 KJ/$^{o}$C (NON KJ/$^{o}$C-M$^{2}$) de capacité avec une valeur U égale à 2 W/$^{o}$C-M$^{2}$ coûte 100 $.

5.7 Exemples d'utilisation de LOOP et OPTIMIZE

(1) À l'occasion de la conception de plusieurs types d'installations de chauffage des pièces ou de l'eau à l'énergie solaire, la variable à laquelle il faut porter la plus grande attention est la superficie du collecteur. L'exemple suivant illustre comment procéder à l'optimalisation de la superficie du collecteur, en supposant une capacité d'emmagasinement fonction de la superficie du collecteur. Puisque la capacité

d'emmagasinement est habituellement établie à partir de la superficie de collecteur utilisée, les paramètres associés à la capacité d'emmagasinement, S1, S7 et S8, expriment la capacité en termes de superficie de collecteur. Par conséquent, seul le paramètre associé à la superficie du collecteur, C1, doit être varié afin de procéder à l'optimalisation en supposant un rapport constant de superficie de collecteur à capacité d'emmagasinement.

La première étape consiste à introduire les données d'optimalisation. On pose 250 $ au mètre carré comme coût dépendant de la superficie du collecteur et 1 000 $ comme coût de base de l'installation, tous deux donnant droit à des crédits de taxe. Pour introduire ces données de coûts, taper OPDATA.

```
quick space active fplate nloss nleak nhx liq hx ua fuel econ
            SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE

 ?
opdata
```

On vous posera ensuite la question suivante:

```
        INDEPENDENT VARIABLE ?
```

Répondre C1. La question suivante est:

```
c1
        DEPENDENT VARIABLES (UP TO 5) ?
```

Puisque le seul paramètre variable est C1, répondre NONE. La question suivante est

```
none
        NUMBER OF DATA POINTS (2 TO 5) ?
```

On suppose que le coût est une fonction linéaire de la superficie du collecteur; deux points de données suffiront (répondre 2). On vous demande ensuite d'identifier ces deux points

```
2
  ENTER 2 DATA POINTS
```

Comme réponse, vous tapez

```
0,0 1000,250000
```

Ceci signifie qu'avec une superficie de collecteur nulle, le coût total de l'installation correspond au coût de base (paramètre E8 plus paramètre E9). Avec 1 000 mètres carrés, le coût sera égal au coût de base plus 250 000 $. Avec des superficies de collecteur entre 0 et 1 000, le coût sera calculé par interpolation linéaire. L'algorithme d'optimalisation ne cherchera la valeur optimale qu'entre les valeurs du minimum et du maximum fournies, c'est-à-dire 0 et 1 000.

La dernière question est la suivante:

```
COST ELIGIBLE FOR TAX CREDITS (YES,NO) ?
```

Répondre YES. Maintenant vous pouvez donner l'instruction OPTIMIZE:

```
yes
 ?
optimize c1
```

Puisque le coût de base de l'installation est de 1 000 $, poser

```
e8=1000
```

et

```
e9=0
```

Ensuite taper:

```
run
```

pour obtenir la superficie de collecteur optimale et les résultats d'analyse correspondants. Si vous avez utilisé l'installation de chauffage des pièces à substance liquide assumée par défaut du chapitre 2, voici les résultats que vous obtiendrez.

```
 ?
run
******************** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) ********************
  OTTAWA  INT'L   ONT     LATITUDE  45,3

            ***  LOOP AND OPTIMIZATION PARAMETERS  ***
C1. COLLECTOR AREA.....................................24,63 M2
```

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 8,37 | -10,9 | 21,36 | 3,08 | 0,01 | 0,02 | 0,14 |
| FEB | 10,15 | -9,5 | 18,49 | 3,99 | 0,02 | -0,01 | 0,22 |
| MAR | 13,46 | -3,1 | 15,54 | 5,76 | 0,03 | 0,02 | 0,37 |
| APR | 12,85 | 5,6 | 8,81 | 5,73 | 0,06 | 0,02 | 0,64 |
| MAY | 14,26 | 12,4 | 4,30 | 5,04 | 0,36 | 0,38 | 1,00 |
| JUN | 14,23 | 18,2 | 1,05 | 2,34 | 0,90 | 0,39 | 1,00 |
| JUL | 15,03 | 20,7 | 0,24 | 1,10 | 1,01 | -0,14 | 1,00 |
| AUG | 14,11 | 19,3 | 0,67 | 1,67 | 1,01 | 0,0 | 1,00 |
| SEP | 11,73 | 14,6 | 2,92 | 2,92 | 0,57 | -0,57 | 1,00 |
| OCT | 9,43 | 8,7 | 6,89 | 4,44 | 0,05 | -0,11 | 0,65 |
| NOV | 5,28 | 1,4 | 11,86 | 2,03 | 0,01 | 0,01 | 0,17 |
| DEC | 5,99 | -7,7 | 18,91 | 2,10 | 0,00 | -0,01 | 0,11 |
| YR | 134,90 | 5,8 | 111,03 | 40,21 | 4,03 | 0,00 | 0,33 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 74,84 | 0,0 | 74,84 |
| COST ($) | 0,0 | 449,07 | 0,0 | 449,07 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | | |
|---|---|---|
| BASE COST OF SYSTEM | $ 1 000,00 | |
| COST ABOVE BASE COST | $ 6 158,00 | |
| TOTAL COST OF SYSTEM | $ 7 158,00 | |
| DOWN PAYMENT | $ 716,00 | |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 4 581,00 | |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 656,00 | FOR 20 YEARS |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 25719 | 1014 | 9955 |
| TOTAL COST | 38695 | 1401 | 13757 |

```
?
```

Pour vérifier la variation des performances thermiques et du coût sur la durée de vie de l'installation pour des superficies de collecteur à proximité de la valeur optimale, utiliser l'instruction

loop c1=15 to 45 step 10

suivie de

run

Puisque ceci aura pour effet de produire deux ou trois pages de résultats, vous préférerez peut-être utiliser l'instruction RUN SHORT pour avoir une courte présentation des résultats des performances thermiques et poser E1=1 pour avoir une courte présentation des résultats de nature économique. Noter que dans ce cas-ci, le coût de l'installation est calculé à partir des données d'optimalisation, tout comme pour les calculs d'optimalisation. Si vous voulez reprendre l'opération sans varier C1, il faut donner une valeur à E8 qui comprend les coûts qui dépendent de la superficie du collecteur.

(2) LOOP et OPTIMIZE peuvent être utilisés conjointement pour simuler une optimalisation à deux variables. Dans l'exemple qui suit, LOOP est utilisé pour varier la capacité du réservoir d'emmagasinement par unité de superficie de collecteur et OPTIMIZE sert à établir la superficie optimale de collecteur pour chaque rapport de capacité de réservoir. En comparant les coûts par durée de vie de toutes les installations, il est possible d'obtenir la combinaison optimale de superficie de collecteur et de volume d'emmagasinement. Pour séparer les effets de capacité d'emmagasinement et de superficie de perte

d'emmagasinement, la valeur U du réservoir d'emmagasinement est variée en fonction de la capacité de façon à avoir le même produit UA pour tous les réservoirs étudiés. Ceci permet également d'illustrer la façon d'utiliser les variables dépendantes.

En premier lieu, il faut préparer les données de coûts et la relation entre la capacité de réservoir et la valeur U exigées par OPDATA.

| ÉLÉMENT | COÛT | CRÉDITS D'IMPÔT? |
|---|---|---|
| Collecteur | 200 $ par M2 | OUI |
| Réservoir | | OUI |
| Non isolé | 50 $ par M2 de superficie | |
| Isolant | 150 $ par M3 (Conductivité K = 0,1 watts/deg C-M) | |

En supposant le réservoir est cylindrique avec un rapport de hauteur à diamètre de 2, la relation entre sa superficie et sa capacité est la suivante:

V = CAPACITÉ/(DENSITÉ X CHALEUR SPÉCIFIQUE)

D = (2 X V/PI) ** (1/3)

SUPERFICIE = 2,5 X PI X (D**2)

Pour avoir une valeur constante du produit UA de réservoir, l'épaisseur de l'isolant doit varier en fonction de la superficie du réservoir de façon à avoir U = UA/SUPERFICIE. Puisque la valeur U est égale à la conductivité divisée par l'épaisseur, le volume d'isolant nécessaire est donné par

VOL = SUPERFICIE X K/U

= K X (SUPERFICIE**2)/UA

Pour des capacités de réservoir variant de 0 à 100 000 KJ/$^{o}$C (approximativement 24 000 litres ou 6 000 gallons), les coûts, en supposant une valeur de UA égale à 10 W/$^{o}$C, sont résumés ci-dessous.

| CAPACITÉ | SUPERFICIE | VALEUR U | COÛT D'ISOLANT | COÛT TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| 1000 | 2,2 | 4,5 | 7 | 117 |
| 10000 | 10 | 1,0 | 150 | 650 |
| 50000 | 30 | 0,3 | 1500 | 3000 |
| 100000 | 48 | 0,2 | 3600 | 6000 |

Les coûts de réservoir peuvent être introduits dans la banque de données d'optimalisation de la façon suivante:

```
forget
  WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES,NO,QUICK) ?
quick space active fplate nloss nleak nhx liq hx ua fuel econ
  SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE
 ?
opdata
  INDEPENDENT VARIABLE ?
s1
  DEPENDENT VARIABLES (UP TO 5) ?
s3
  NUMBER OF DATA POINTS (2 TO 5) ?
5
  ENTER 5 DATA POINTS
        0          1000          0
     1000           4,5         117
    10000           1.0         650
    50000           0,3        3000
   100000           0,2        6000
  COST ELIGIBLE FOR TAX CREDITS (YES,NO) ?
yes
```

Les coûts de collecteur sont introduits comme dans l'exemple (1) précédent en utilisant les deux points de données suivants:

```
        0,0       200,40000

opdata
  INDEPENDENT VARIABLE ?
c1
```

```
   DEPENDENT VARIABLES (UP TO 5) ?
none
   NUMBER OF DATA POINTS (2 TO 5) ?
2
   ENTER 2 DATA POINTS
0,0 200,40000
   COST ELIGIBLE FOR TAX CREDITS (YES,NO) ?
yes
```

Le coût de base de l'installation, donnant droit à des crédits d'impôt, est de 2 000 $; il faut donc poser:

E8 = 2 000

E9 = 0

```
 ?
e8=2000
 ?
e9=0
```

Maintenant il faut choisir une série de rapports de capacités d'emmagasinement.

```
 ?
loop s1=200 to 400 step 50
```

et indiquer qu'il faut optimaliser la superficie du collecteur:

```
 ?
opt c1
```

Vous pouvez également poser

```
 ?
e1=1
```

pour avoir une courte présentation des résultats économiques et utiliser l'addition SHORT à l'instruction RUN. Lorsque vous tapez

```
run short
```

vous obtiendrez 5 analyses, une pour chacun des rapports de capacité d'emmagasinement à la superficie de collecteur de 200, 250, 300, 350 et 400. Si vous avez commencé avec

l'installation de chauffage des pièces à substance liquide assumée par défaut du chapitre 2, la meilleure des installations, d'un point de vue économique, offre un coût total minimum en dollars actuels de 13 902 $, tel qu'indiqué ci-dessous.

********** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1)**********

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

**** LOOP AND OPTIMIZATION PARAMETERS****

S1. TANK CAPACITY/COLLECTOR AREA..... 300,00 KJ/DEG C-M2
S3. HEAT LOSS COEFFICIENT ..... 1,01 W/M2-DEG C
C1. COLLECTOR AREA..... 33,29 M2

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 182,32 | 5,8 | 111,03 | 53,37 | 9,69 | -0,00 | 0,39 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 67,35 | 0,0 | 67,35 |
| COST ($) | 0,0 | 404,10 | 0,0 | 404,10 |

ECONOMIC ANALYSIS

| | |
|---|---|
| BASE COST OF SYSTEM | $ 2 000 |
| COST ABOVE BASE COST | $ 7 307 |
| TOTAL COST OF SYSTEM | $ 9 307 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 5 957 |
| PRESENT WORTH OF TOTAL COST | $13 902 |

Cette installation possède une superficie de collecteur de 33,29 mètres carrés et une capacité d'emmagasinement par unité de superficie de collecteur de 300 KJ/$^{o}$C-m$^{2}$. Elle satisfait à 39% des besoins en chauffage de la maison. Pour avoir une meilleure idée de l'endroit où se situe l'optimum, vous pouvez toujours tenter d'optimaliser la capacité d'emmagasinement pour une série de superficies de collecteur qui semblent se situer à proximité de ce que semble être la valeur optimale.

# CHAPITRE 6

## ASPECTS ÉCONOMIQUES

L'analyse d'une installation qui fait usage d'énergie solaire n'est pas complète sans évaluation des coûts associés à l'installation et l'exploitation de l'installation. Ces genres d'installations représentant habituellement un important investissement qu'il faut récupérer sur une période de plusieurs années, la décision d'investir dans une telle installation doit être basée sur la possibilité d'épargner en dépenses futures éliminées un montant qui est supérieur au montant investi au départ. Cette comparaison doit être basée sur des frais étalés sur la durée de vie de l'installation et exprimés en termes de leur valeur au moment de l'investissement. En d'autres termes, , l'analyse économique d'une installation à énergie solaire doit être basée sur des frais étalés sur la durée de vie de l'installation et tenir compte de la valeur de l'argent au cours des années. En outre, afin d'établir les frais qui ont été évités, il faut procéder à une analyse semblable de la possibilité la plus logique, autre que l'installation solaire, et comparer les résultats sur une base rationnelle.

Conformément aux exigences énumérées ci-dessus, FCHART 4.0 a été conçu pour procéder à une analyse économique pour la durée de vie de l'installation étudiée et en comparer les résultats avec ceux de l'analyse d'une installation de référence désignée. L'analyse tient compte des frais actuels et futurs associés à l'acquisition et l'exploitation d'une installation

et détermine le montant total, en dollars actuels, de ces dépenses. Les frais qui sont inclus dans l'analyse sont les suivants:

- Paiement initial
- Coûts de capital (montant emprunté et intérêts)
- Coûts d'assurance et d'entretien
- Taxes foncières
- Coût des combustibles d'appoint
- Crédits d'impôt fédéraux et provinciaux pour les énergies nouvelles
- Déductions des impôts fédéral et provincial
- Dépréciation (installations commerciales seulement)
- Valeur de revente de l'installation

FCHART calcule la valeur en dollars de chacune de ces dépenses pour chaque année en utilisant des valeurs de paramètres fournies par l'utilisateur et les résultats de l'analyse thermique de l'installation. Le total de ces dépenses pour une année représente la valeur nette des déboursés pour l'année et est modifié à raison du taux d'escompte du marché fourni pour l'année en question afin d'établir sa valeur du moment. La somme des déboursés nets ainsi modifiée représente la valeur actuelle des dépenses associées à l'installation pour sa durée de vie et constitue le coefficient de qualité économique principal calculé par le programme.

Il y a deux modes d'exploitation de la portion économique de FCHART. Le premier sert à calculer les frais pendant la durée de vie de l'installation et la valeur de

paramètres économiques fournis ou utilisés par défaut par l'utilisateur avant l'instruction RUN. Le second permet à l'utilisateur de comparer les frais encourus pendant la vie de deux installations différentes et de calculer les économies possibles au cours de cette vie, le taux de rendement et autres indicateurs économiques de comparaison.

L'utilisateur peut contrôler le niveau de détails des résultats dans un mode ou dans l'autre, avec une présentation allant d'un simple résumé du coût total à un relevé annuel détaillé de tous les coûts.

La portion économie du programme calcule les coûts de combustible basés sur des données de coûts unitaires fournies par l'utilisateur et des résultats d'analyse thermique fournis par le programme même. Les données de coûts unitaires de combustible peuvent être introduites à l'aide de l'instruction FLDATA et revues à l'aide de l'instruction LIST FLDATA. Il est possible d'introduire des données pour trois types de combustible en termes d'une séquence de valeurs représentant des coûts futurs de combustibles ou d'un ensemble de valeurs représentant une structure modulaire de coûts unitaires pouvant comprendre jusqu'à cinq modules modifiés par l'inflation à un taux fixe par année.

Avec l'analyse thermique FCHART, les besoins en énergie d'appoint de l'installation étudiée sont établis. Il est possible de contourner ce calcul de façon à n'utiliser que la portion économie du programme. Pour contourner ce procédé de calcul et utiliser la portion économie du programme pour

des exigences d'appoint spécifiées par l'utilisateur, il suffit de taper:

```
forget (au besoin)          nospace
noactive input
fuel econ
```

Les exigences d'appoint mensuelles sont ensuite introduites en tant que valeur du paramètre L6 et les paramètres économiques se voient assignés leurs diverses valeurs. L'analyse économique qui sera effectuée à la suite de l'instruction RUN suivante sera basée sur les valeurs du paramètre L6, en tant qu'exigence en énergie d'appoint, pour calculer les coûts de l'énergie utilisée. Ceci permet d'utiliser la portion économie de FCHART pour procéder à l'évaluation de n'importe quelle installation pour laquelle les exigences totales en énergie d'appoint sont connues.

Le reste de ce chapitre est divisé en quatre parties. Dans la première, on discute de l'analyse de base des coûts au cours d'une durée de vie d'installation. Dans la seconde, il est question des analyses comparatives pour différentes installations. En troisième lieu, l'introduction des coûts de combustibles dans FCHART est expliquée. Enfin, un exemple détaillé est fourni, dans lequel les performances thermiques et économiques d'une installation de chauffage de l'eau chaude domestique à l'énergie solaire sont évaluées et la superficie optimale de collecteur est établie.

## 6.1 Analyse de base des coûts étalés sur la durée de vie d'une installation

Les coûts étalés sur la durée de vie de l'installation sont analysés immédiatement après l'analyse thermique lorsque l'instruction RUN est donnée et la portion économie du programme est mise en état de fonctionnement. (Voir le chapitre 2 pour les instructions permettant de faire fonctionner la portion économie du programme). Le niveau de détail de présentation des résultats et le type d'analyse sont spécifiés par la valeur des paramètres E1 et E2. Le paramètre E1 sert à fixer le niveau de détail de la présentation des résultats. Comme valeurs possibles pour E1, il y a 1, 2 ou 3; 1 implique un nombre minimal de détails et 3 un nombre maximal. Les résultats économiques illustrés aux figures 6.1.1, 6.1.2 et 6.1.3 ont été obtenus en utilisant la description d'installation et les valeurs des paramètres de l'exemple du chapitre 2 et des valeurs de 1, 2 et 3, respectivement, pour le paramètre E1. Ces résultats sont ceux d'une analyse de base des coûts étalés sur la durée de vie du système étudié (E2=1). L'utilisation des caractéristiques économiques comparatives pour calculer l'économie étalée sur la durée de vie de l'installation sera étudiée à la section 6.2.

```
forget
   WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES,NO,QUICK) ?
quick space active fplate nloss nleak nhx liq hx ua fuel econ
   SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE
 ?
e2=1
 ?
e1=1
 ?
run short
```

******************** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) ********************

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 273,83 | 5,8 | 111,03 | 65,23 | 8,37 | -0,00 | 0,51 |

"1" PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 54,18 | 0,0 | 54,18 |
| "2" COST ($) | 0,0 | 325,07 | 0,0 | 325,07 |

ECONOMIC ANALYSIS

| | |
|---|---|
| "3" INITIAL COST OF SYSTEM | $ 6 000 |
| "4" TOTAL TAX CREDITS | $ 3 840 |
| "5" PRESENT WORTH OF TOTAL COST | $10 393 |

?

Figure 6.1.1
(les chiffres entre guillemets réfèrent au texte)

el=2
?
run short

******************** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) ********************

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 273,83 | 5,8 | 111,03 | 65,23 | 8,37 | -0,00 | 0,51 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 54,18 | 0,0 | 54,18 |
| COST ($) | 0,0 | 325,07 | 0,0 | 325,07 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | |
|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 6 000 |
| DOWN PAYMENT | $ 600 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 3 840 |
| "6" ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 550 FOR 20 YEARS |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| "7" ENERGY COST | 18 618 | 734 | 7 207 |
| "8" TOTAL COST | 29 495 | 1 059 | 10 393 |

Figure 6.1.2

FCHART - A DESIGN PROGRAM
FROM THE SOLAR ENERGY LABORATORY OF THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
VERSION 4.1 5/1/82

```
 WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES,NO,QUICK) ?
quick space active fplate nloss nleak nhx liq hx ua fuel econ
 SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE
 ?
e2=1
 ?
e1=3
 ?
run short
```

******************** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) ********************

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 273,83 | 5,8 | 111,03 | 65,23 | 8,37 | -0,00 | 0,51 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 54,18 | 0,0 | 54,18 |
| COST ($) | 0,0 | 325,07 | 0,0 | 325,07 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | |
|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 6 000 |
| DOWN PAYMENT | $ 600 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 3 840 |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 550 FOR 20 YEARS |

| "9" | "10" | "11" | "12" | "13" | "14" | "15" | "16" | "17" | "18" | "19" | "20" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ****INFORMATION**** | | | *******SYSTEM COSTS******** | | | | *ENERGY* | ****INDICATORS**** | | |
| YR | END OF YR PRINC | INTEREST PAID | COMM DEPREC DEDUCT | LOAN PAYMT | MAINT & INS | PROP TAX | TAX CREDIT RESALE | NET FUEL COST | NET CASH FLOW | PW OF CASH FLOW | CUMULATIVE PW |
| 0 | 5400 | 0 | 0 | 600 | 0 | 0 | 3840 | 0 | -3239 | -3239 | -3239 |
| 1 | 5282 | 432 | 0 | 550 | 60 | 120 | 193 | 325 | 862 | 798 | -2441 |
| 2 | 5155 | 423 | 0 | 550 | 64 | 127 | 192 | 358 | 906 | 777 | -1664 |
| 3 | 5017 | 412 | 0 | 550 | 67 | 135 | 192 | 393 | 954 | 757 | - 907 |
| 4 | 4868 | 401 | 0 | 550 | 71 | 143 | 190 | 433 | 1007 | 740 | - 167 |
| 5 | 4708 | 389 | 0 | 550 | 76 | 151 | 189 | 476 | 1064 | 724 | 556 |
| 6 | 4534 | 377 | 0 | 550 | 80 | 161 | 188 | 524 | 1126 | 710 | 1266 |
| 7 | 4347 | 363 | 0 | 550 | 85 | 170 | 187 | 576 | 1195 | 697 | 1963 |
| 8 | 4145 | 348 | 0 | 550 | 90 | 180 | 185 | 633 | 1269 | 686 | 2649 |
| 9 | 3926 | 332 | 0 | 550 | 96 | 191 | 183 | 697 | 1351 | 676 | 3324 |
| 10 | 3691 | 314 | 0 | 550 | 101 | 203 | 181 | 767 | 1440 | 667 | 3991 |
| 11 | 3436 | 295 | 0 | 550 | 107 | 215 | 179 | 843 | 1537 | 659 | 4650 |
| 12 | 3161 | 275 | 0 | 550 | 114 | 228 | 176 | 927 | 1643 | 653 | 5303 |
| 13 | 2863 | 253 | 0 | 550 | 121 | 241 | 173 | 1020 | 1759 | 647 | 5950 |

| "9" | "10" | "11" | "12" | "13" | "14" | "15" | "16" | "17" | "18" | "19" | "20" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 2543 | 229 | 0 | 550 | 128 | 256 | 170 | 1122 | 1886 | 642 | 6592 |
| 15 | 2196 | 203 | 0 | 550 | 136 | 271 | 166 | 1234 | 2025 | 638 | 7231 |
| 16 | 1822 | 176 | 0 | 550 | 144 | 288 | 162 | 1358 | 2177 | 635 | 7866 |
| 17 | 1417 | 146 | 0 | 550 | 152 | 305 | 158 | 1494 | 2343 | 633 | 8499 |
| 18 | 981 | 113 | 0 | 550 | 162 | 323 | 153 | 1643 | 2525 | 632 | 9131 |
| 19 | 509 | 78 | 0 | 550 | 171 | 343 | 147 | 1807 | 2724 | 631 | 9762 |
| 20 | 0 | 41 | 0 | 550 | 182 | 363 | 141 | 1988 | 2941 | 631 | 10393 |
| TOTAL | | 5600 | 0 | 11600 | 2207 | 4414 | 7345 | 18618 | 29495 | 10393 | |
| PW OF TOT | | 3215 | 0 | 6000 | 935 | 1871 | 5620 | 7207 | 10393 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 18618 | 734 | 7207 |
| TOTAL COST | 29495 | 1059 | 10393 |

Figure 6.1.3
(les chiffres entre guillemets référent au texte)

Si on se réfère à la figure 6.1.1, les valeurs obtenues sont définies de la façon suivante:

1. Le sommaire d'énergie achetée fait état de l'énergie utilisée pour chacune des catégories ayant fait l'objet d'une évaluation par la portion analyse thermique de FCHART et fait état également de l'énergie totale utilisée pour tous les types de combustible. Les effets des rendements des équipements ont été inclus dans cette valeur.

2. Sur cette ligne, on retrouve les dépenses en énergie consommée pour chaque catégorie de combustible ainsi que le coût total de l'énergie achetée. Il s'agit de dépenses de première année calculées à l'aide des données fournies en utilisant l'instruction FLDATA.

3. Le coût initial de l'installation est obtenu en additionnant la valeur des paramètres E8 et E9. Le paramètre E9 a été inclus pour permettre l'analyse des coûts étalés sur la durée de vie d'installations qui comprennent de l'équipement

ne donnant pas droit à des crédits d'impôt pour d'autres formes d'énergie, comme les thermopompes installées en parallèle dans certaines municipalités.

4. Il s'agit du montant en crédits d'impôt auquel l'installation donne droit. FCHART fait l'hypothèse que les revenus du propriétaire sont assez élevés pour qu'il puisse avoir tous les crédits d'impôt en dedans d'une année de la date d'achat.

5. Il s'agit de la valeur actuelle des déboursés nets annuels, valeur qui est établie en ramenant chaque déboursé à l'an zéro au taux d'escompte du marché (paramètre E15).

Les résultats économiques fournis avec E1=2 (figure 6.1.2) contiennent les mêmes renseignements que les résultats obtenus avec E1=1, avec ce qui suit en plus:

6. Paiement de l'emprunt. Il s'agit du paiement annuel nécessaire pour rembourser le coût total de l'installation moins le montant comptant donné au départ.

7. Il s'agit des dépenses d'énergie pour l'installation, exprimées comme total non modifié pour tenir compte de l'inflation au cours de la durée de vie de l'installation (somme simple), comme valeur actuelle de coûts d'énergie modifiés au taux du marché (paramètre E15), et comme montant d'annuités utilisé pour acheter de l'énergie (le montant d'une annuité normale pendant la durée de vie de l'installation avec une valeur actuelle égale à la valeur actuelle de la colonne 3).

8. Le coût total (dépenses d'énergie et de propriété) de l'installation exprimé de la même façon qu'en 7 ci-dessus.

Avec El=3, les quantités 1 à 8 sont fournies et on obtient en plus un sommaire annuel des coûts (voir la figure 6.1.3). Le sommaire annuel est divisé en quatre parties. La première, intitulée "Information", est constituée des quantités suivantes:

9. Année pendant laquelle les frais ont été encourus.

10. La somme du capital emprunté qui reste à rembourser à la fin de l'année.

11. La portion du montant de remboursement de l'emprunt qui a été utilisée pour rembourser les intérêts.

12. Le montant des déductions pour dépréciation permises durant l'année (bâtiments à revenus et commerciaux seulement).

Dans la seconde partie,"Coûts de l'installation", on trouve:

13. Le paiement initial (année 0) et les paiements pour rembourser l'emprunt (années 1 à 20).

14. Les frais d'entretien, d'assurance et frais divers.

15. La taxe foncière afférente à l'installation.

16. Les crédits d'impôt pour énergies nouvelles reçus (année 0); la réduction d'impôt au cours des années 1 à 20, en raison de l'intérêt payé sur l'emprunt, des taxes foncières et de la dépréciation, si ceci s'applique; et le coût (épargne) associé à la revente de l'installation à la fin

de la période d'analyse (inclus dans l'année 20).

Quant à la troisième partie, "Énergie", elle traite des quantités suivantes:

17. Coût net de l'énergie achetée. Pour les bâtiments résidentiels, il s'agit du coût total de l'énergie d'appoint. Pour les installations commerciales ou installations des édifices à revenus, les valeurs tiennent compte de l'effet sur les impôts de la déduction des coûts de combustible des revenus. Il s'agit donc de (1 - TAUX DE TAXATION) fois le coût total de l'énergie achetée au cours d'une année.

La dernière partie, "Indicateurs", est composé des quantités suivantes:

18. Mouvement net de capitaux. Il s'agit du coût total de l'installation chaque année. Une économie est représentée par une valeur négative, comme c'est le cas dans l'année 0 de cet exemple, puisque l'on suppose que les crédits d'impôt sont reçus immédiatement après l'achat de l'installation et que ces crédits sont beaucoup plus importants que le seul déboursé à ce moment-là, c'est-à-dire le paiement initial. Les valeurs de cette colonne sont égales à la somme des valeurs des cinq colonnes la précédant, c'est-à-dire:

$$18 = 13 + 14 + 15 - 16 + 17$$

19. Il s'agit de la valeur du mouvement net de capitaux pour l'année, ramenée à l'année 0 au taux d'escompte du marché.

20. Il s'agit de la valeur cumulative du moment de la valeur actuelle des coûts de l'installation.

## 6.2 Comparaison des coûts étalés sur la durée de vie d'une installation pour différentes installations

La portion économie du programme FCHART offre la possibilité à l'utilisateur de comparer les coûts étalés sur la durée de vie d'installation de différentes installations. Le processus de comparaison comporte deux étapes. En premier lieu, l'installation de référence doit être définie en fournissant les variables de description d'installation pertinentes, les valeurs des paramètres et les coûts de combustible pour cette installation. En posant E2=1, l'utilisateur indique à FCHART que l'installation analysée constitue une installation de référence. L'instruction RUN est ensuite fournie et les analyses thermiques et économiques sont effectuées. Ensuite, l'installation à comparer doit être définie en fournissant encore une fois les nouvelles variables d'installation, les nouvelles valeurs des paramètres et les nouveaux coûts des combustibles. En posant E2=2, la portion analyse économique du programme procédera à la comparaison des coûts étalés sur la durée de vie de l'installation étudiée à ceux de l'installation de référence la plus récente. Avec E1=1, les résultats de l'analyse économique comportent une ligne de plus que les résultats obtenus avec E2=1 (pour l'installation de référence). Il s'agit de la valeur actuelle totale des économies réalisées, c'est-à-dire la différence entre la valeur actuelle des coûts étalés sur la durée de vie de l'installation de référence et la valeur actuelle de ces mêmes coûts pour l'installation étudiée.

Avec E1=2, on obtient les résultats de la figure 6.2.1. Les valeurs apparaissant sous le titre "Comparaison de valeurs économiques étalées sur la durée de vie des installations" représentent les différences en coûts d'énergie et coûts totaux entre les deux installations. Elles sont exprimées en termes de valeurs non modifiées pour tenir compte de l'inflation, de valeurs actuelles et valeurs d'annuités.

```
                    FCHART - A DESIGN PROGRAM
   FROM THE SOLAR ENERGY LABORATORY OF THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
                       VERSION 4.1     5/1/82

  WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS  (YES,NO,QUICK) ?
quick space active fplate nloss nleak nhx liq hx ua fuel econ
  SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE

 ?
run short
```

Ceci permet de définir l'installation de référence. La figure 6.2.1 illustre les modifications apportées à l'installation modifiée et les résultats de la comparaison des deux installations.

```
list c1
 C1. COLLECTOR AREA .....................................50,00 M2
 ?
c1=65
 ?
list e8
 E8. TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST.................$ 6 000,00
 ?
e8=7000
 ?
list e11
 E11. TERM OF MORTGAGE...................................20,00 YEARS
 ?
e11=15
 ?
list e12
 E12. DOWN PAYMENT (% OF ORIGINAL INVESTMENT).............10,00 %
 ?
e12=5
 ?
list e2
```

Figure 6.2.1

```
 E2. REFERENCE OR COMPARISON SYSTEM (1 OR 2)..... 1,00
 ?
e2=2
 ?
list e1
 E1. ECONOMIC OUTPUT DETAIL (1,2 OR 3).....2,00
 ?
e1=2
 ?
run short
```

********** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) **********

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (GJ) | TA (DEG-C) | SHLOAD (GJ) | QU (GJ) | QLOSS (GJ) | DELTE (GJ) | FNP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 355,98 | 5,8 | 111,03 | 75,82 | 11,03 | -0,00 | 0,58 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (GJ) | 0,0 | 46,27 | 0,0 | 46,27 |
| COST ($) | 0,0 | 277,59 | 0,0 | 277,59 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | |
|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 7 000 |
| DOWN PAYMENT | $ 350 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 4 480 |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 777 FOR 15 YEARS |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 15899 | 627 | 6154 |
| TOTAL COST | 27593 | 1023 | 10048 |

COMPARATIVE LIFE CYCLE ECONOMICS

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY SAVING | 2719 | 107 | 1053 |
| TOTAL SAVING | 1917 | 35 | 346 |

CUMULATIVE UNDISC. ENERGY SAVINGS EQUAL INCREASED INVESTMENT IN 12 YEARS

CUMULATIVE UNDISC. NET SAVINGS EQUAL ZERO (BREAK EVEN POINT) IN 18 YEARS

FIGURE 6.2.1

```
el=3
 ?
run short
```

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | |
|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 7 000 |
| DOWN PAYMENT | $ 350 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 4 480 |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 777 FOR 15 YEARS |

| | ***INFORMATION** | | | *****SYSTEM COSTS****** | | | | *ENERGY* | ****INDICATORS******* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | END OF YR PRINC | IN-TEREST PAID | COMM DEPREC DEDUCT | LOAN PAYMT | MAINT & INS | PROP TAX | TAX CREDIT RESALE | NET FUEL COST | NET CASH FLOW | PW OF CASH FLOW | CUMU-LATIVE PW |
| 0 | 6650 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 4480 | 0 | -4129 | -4129 | -4129 |
| 1 | 6405 | 532 | 0 | 777 | 70 | 140 | 235 | 278 | 1029 | 953 | -3176 |
| 2 | 6141 | 512 | 0 | 777 | 74 | 148 | 231 | 305 | 1074 | 920 | -2256 |
| 3 | 5855 | 491 | 0 | 777 | 79 | 157 | 227 | 336 | 1122 | 890 | -1365 |
| 4 | 5546 | 468 | 0 | 777 | 83 | 167 | 222 | 369 | 1174 | 863 | - 502 |
| 5 | 5213 | 444 | 0 | 777 | 88 | 177 | 217 | 406 | 1231 | 838 | 335 |
| 6 | 4853 | 417 | 0 | 777 | 94 | 187 | 212 | 447 | 1292 | 815 | 1150 |
| 7 | 4465 | 388 | 0 | 777 | 99 | 199 | 205 | 492 | 1361 | 794 | 1944 |
| 8 | 4045 | 357 | 0 | 777 | 105 | 211 | 199 | 541 | 1435 | 775 | 2720 |
| 9 | 3592 | 324 | 0 | 777 | 112 | 223 | 191 | 595 | 1515 | 758 | 3478 |
| 10 | 3102 | 287 | 0 | 777 | 118 | 237 | 183 | 655 | 1603 | 742 | 4220 |
| 11 | 2573 | 248 | 0 | 777 | 125 | 251 | 175 | 720 | 1698 | 728 | 4949 |
| 12 | 2002 | 206 | 0 | 777 | 133 | 266 | 165 | 792 | 1802 | 716 | 5664 |
| 13 | 1385 | 160 | 0 | 777 | 141 | 282 | 155 | 871 | 1916 | 705 | 6369 |
| 14 | 719 | 111 | 0 | 777 | 149 | 299 | 143 | 958 | 2040 | 694 | 7063 |
| 15 | 0 | 58 | 0 | 777 | 158 | 317 | 131 | 1054 | 2175 | 686 | 7749 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 168 | 336 | 117 | 1160 | 1545 | 451 | 8200 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 178 | 356 | 124 | 1276 | 1684 | 455 | 8655 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 377 | 132 | 1403 | 1837 | 460 | 9115 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 400 | 140 | 1543 | 2003 | 464 | 9579 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | 424 | 148 | 1698 | 2185 | 469 | 10048 |
| TOTAL | | 5003 | 0 | 12005 | 2574 | 5154 | 8032 | 15899 | 27593 | 10048 | |
| PW OF TOT | | 3248 | 0 | 7001 | 1091 | 2185 | 6380 | 6154 | 10048 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 15899 | 627 | 6154 |
| TOTAL COST | 27593 | 1023 | 10048 |

FIGURE 6.2.2 (partie 1)

COMPARATIVE LIFE CYCLE ECONOMICS

| YR | ** REFERENCE SYSTEM COST | SYSTEM*** ENERGY COST | *** CURRENT SYSTEM COST | SYSTEM**** ENERGY COST | *******SAVINGS******* NET SAVE | PW OF SAVE | CUM. PW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | -3239 | 0 | -4129 | 0 | 890 | 890 | 890 |
| 1 | 537 | 325 | 752 | 278 | -166 | -154 | 735 |
| 2 | 548 | 358 | 768 | 305 | -167 | -143 | 591 |
| 3 | 561 | 393 | 786 | 336 | -167 | -132 | 458 |
| 4 | 574 | 433 | 805 | 369 | -167 | -122 | 335 |
| 5 | 588 | 476 | 825 | 406 | -166 | -113 | 221 |
| 6 | 603 | 524 | 846 | 447 | -166 | -104 | 116 |
| 7 | 619 | 576 | 869 | 492 | -165 | - 96 | 19 |
| 8 | 636 | 633 | 894 | 541 | -165 | - 89 | -70 |
| 9 | 654 | 697 | 920 | 595 | -164 | - 81 | -152 |
| 10 | 673 | 767 | 948 | 655 | -162 | - 75 | -228 |
| 11 | 694 | 843 | 978 | 720 | -160 | - 68 | -297 |
| 12 | 716 | 927 | 1010 | 792 | -158 | - 62 | -360 |
| 13 | 739 | 1020 | 1045 | 871 | -156 | - 57 | -418 |
| 14 | 764 | 1122 | 1082 | 958 | -152 | - 51 | -470 |
| 15 | 791 | 1234 | 1121 | 1054 | -148 | - 46 | -517 |
| 16 | 819 | 1358 | 386 | 1160 | 632 | 184 | -333 |
| 17 | 850 | 1494 | 409 | 1276 | 659 | 178 | -155 |
| 18 | 88? | 1643 | 434 | 1403 | 688 | 172 | 16 |
| 19 | 91 | 1807 | 460 | 1543 | 721 | 167 | 183 |
| 20 | 953 | 1988 | 487 | 1698 | 756 | 162 | 346 |
| TOTAL | 10878 | 18618 | 11696 | 15899 | 1917 | 346 | |
| PW TOT | 3189 | 7207 | 3895 | 6154 | 346 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY SAVING | 2719 | 107 | 1053 |
| TOTAL SAVING | 1917 | 35 | 346 |

CUMULATIVE UNDISC. ENERGY SAVINGS EQUAL INCREASED INVESTMENT IN 12 YEARS

CUMULATIVE UNDISC. NET SAVINGS EQUAL ZERO (BREAK EVEN POINT) IN 18 YEARS

FIGURE 6.2.2 (suite et fin)

Avec El=3, en plus de l'analyse d'année en année des coûts étalés sur la durée de vie de l'installation étudiée, on obtient une comparaison d'année en année, avec les coûts séparés en coûts d'énergie et coûts d'installation pour l'installation de référence et l'installation soumise à l'étude. Voir la figure 6.2.2. Parmi ces résultats, les valeurs de la colonne intitulée "ÉPARGNE NETTE" représentent la différence entre la somme des valeurs des deux premières colonnes (coût net pour l'installation de référence) et la somme des valeurs des deux colonnes suivantes (coût net pour l'installation étudiée). Les épargnes nettes sont également données en dollars actuels dans l'avant-dernière colonne et comme somme du moment en dollars actuels dans la dernière colonne.

## 6.3 Introduction des données de coûts de combustibles

Pour introduire et énumérer des données de coûts de combustibles, on utilise les instructions FLDATA et LIST FLDATA. Ces données peuvent être introduites selon deux formats différents pour trois types de combustibles différents. Le premier format consiste en une structure modulaire de taux pouvant comprendre jusqu'à cinq modules, tous étant augmentés pour l'inflation à un taux fixe par année. Chaque module est constitué d'un coût par quantité unitaire d'énergie pour ce module et de la quantité maximale de consommation d'énergie associée au module. Pour utiliser ce format, il faut introduire toutes les données de coûts sur une même ligne, c'est-à-dire que si des taux font partie de trois modules, trois paires de nombres doivent être introduites, suivies d'un retour de chariot. Quant

au second format, il s'agit d'une séquence de 40 valeurs ou moins représentant le coût en dollars par unité de quantité d'énergie (MMBTU ou GJ) pour chaque année de l'analyse.

On identifie les trois catégories de combustible par gaz, électricité et mazout. Cette identification est reliée aux dispositifs auxiliaires des installations à l'aide du paramètre A1 (pour les auxiliaires de chauffage des pièces) et du paramètre A3 (pour les auxiliaires de chauffage de l'eau). On suppose que toutes les thermopompes fonctionnent à l'électricité de sorte que les coûts associés aux thermopompes auxiliaires sont établis à l'aide des données de coûts de la catégorie électricité. Il est possible de définir une installation qui utilise les trois types de combustible; ce serait le cas par exemple, d'une installation de chauffage combiné des pièces et de l'eau chaude domestique avec (en série) un dispositif de transfert à thermopompe, un dispositif auxiliaire de chauffage des pièces au mazout (A1=3) et un dispositif auxiliaire de chauffage d'eau chaude au gaz (A3=1). Dans un tel cas, le coût de combustible pour l'exploitation de la thermopompe sera calculé à l'aide des données de coûts de la catégorie électricité, celui du dispositif de chauffage des pièces à l'aide des données de coûts de la catégorie mazout et celui du dispositif de chauffage de l'eau chaude à l'aide des données de coûts de la catégorie gaz.

Les données de coûts de combustibles sont introduites en dollars par unité de quantité d'énergie ($/MMBTU ou $/GJ). Il faut utiliser des unités de quantité d'énergie qui correspondent au système d'unités du programme, c'est-à-dire des MMBTU

dans le système anglais et des GJ dans le SI. Si le système d'unités utilisé est modifié en utilisant l'instruction UNITS, les données de coûts de combustible seront converties de la même façon que les données associées à d'autres paramètres.

Une fois introduites, les données de coûts de combustibles peuvent être affichées en donnant l'instruction:

list fldata

EXEMPLE D'INTRODUCTION DE DONNÉES DE COÛTS DE COMBUSTIBLES

Des données de coûts de combustibles doivent être fournies pour deux types de combustible, soit le gaz et l'électricité. Le gaz coûte 4,24 $ le GJ pour les premiers 15 GJ achetés dans le mois et chaque GJ additionnel coûte 4,64 $. Ces prix tiennent compte du facteur d'ajustement du prix d'achat du gaz (APAG). Pour fournir ces taux à FCHART, il faut procéder de la façon suivante:

```
fldata
      Fait appel au sous-programme d'introduction de données
      de coûts de combustibles.
  GAS, ELECTRIC OR OIL?
gas
      Les taux pour le gaz doivent être fournis.
  BLOCK RATES OR SEQUENCE OF AVERAGE COSTS (BLOCK,SEQ) ?
block
      La structure modulaire de taux sera utilisée.
  ANNUAL INFLATION RATE (PER CENT) ?
12
      Taux d'inflation annuel de 12% affectant le coût du
      combustible.
  ENTER COST ($/GJ) AND MAX USE (GJ) FOR UP TO 5 BLOCKS
4,24 15 4,64 9999
      Toutes les données doivent être fournies sur une même ligne.
      FCHART répond par un message indiquant que l'introduction
      des données est complète.
```

L'électricité coûte 4,77 cents le kW-h, en tenant compte des ajustements de prix. Ceci signifie 13,98 $ le GJ.

Pour fournir ces données, on procède de la façon suivante:

```
fldata
```

Fait appel au sous-programme d'introduction de données de coûts de l'électricité.

```
  GAS,ELECTRIC OR OIL?
electric
```

Des taux d'électricité seront fournis.

```
  BLOCK RATES OR SEQUENCE OF AVERAGE COSTS (BLOCK,SEQ) ?
block
```

Structure modulaire de taux.

```
  ANNUAL INFLATION RATE (PER CENT) ?
12
```

Taux d'inflation annuel de 12%.

```
  ENTER COST ($/GJ) AND MAX USE (GJ) FOR UP TO 5 BLOCKS
13,98 9999
```

Un seul module pour l'électricité.

```
?
```

FCHART répond par ? pour indiquer que l'introduction de données est complète.

```
list fldata
```

Demande d'afficher les données qui viennent d'être fournies.

```
                FUEL COST

GAS     (BLOCK RATE STRUCTURE)
        ANNUAL INFLATION RATE      12,0 %
        BLOCK                 1              2
        COST ($/GJ)           4,2            4,6
        MAX. USE (GJ)        15,0         9999,0

ELEC    (BLOCK RATE STRUCTURE)
        ANNUAL INFLATION RATE      12,0 %
        BLOCK                 1
        COST ($/GJ)          14,0
        MAX. USE (GJ)      9999,0

TYPE FLDATA TO ENTER OR CHANGE FUEL COSTS
?
```

## 6.4 Exemple

Voici l'exemple de l'analyse d'une installation d'eau chaude domestique qui doit être installée dans une résidence d'Ottawa (Ontario). À l'aide de cet exemple, on illustrera la façon d'établir des valeurs associées à une installation particulière pour les paramètres de FCHART, la façon d'introduire des données de coûts de combustibles et l'utilisation des possibilités offertes par la portion économie comparative et optimalisation du programme.

Une résidente désire installer une installation de chauffage de l'eau domestique à l'énergie solaire sur sa maison. L'installation existante est constituée d'un chauffe-eau électrique de 52 gallons et fournit 80 gallons d'eau par jour à une température de 140°F. L'eau du réseau est fournie au réservoir à une température de 50°F à l'année longue. On évalue les pertes de chaleur du réservoir à 10 500 BTU/jour lorsqu'il fait 70°F comme température environnante. Le chauffe-eau ayant été acheté il y a tout au plus un an et étant en bonne condition, l'entrepreneur spécialisé en installations solaires suggère d'installer un système de chauffage d'eau à l'énergie solaire constitué de collecteurs de chauffe à substance liquide, surface sélective et vitre simple offrant une superficie de 62 pieds carrés, et d'un réservoir de 80 gallons qui servira à réchauffer l'eau du réseau avant qu'elle n'aille dans le réservoir existant. La pompe de circulation propre à l'installation fera circuler l'eau potable dans les collecteurs avec un débit de 75 gallons à l'heure. La protection

contre le gel est assurée en drainant les collecteurs lorsque la pompe ne fonctionne pas. En raison de l'emplacement de l'installation, il y aura environ 25 pieds de tuyauterie de collecteurs exposés aux conditions atmosphériques. La tuyauterie est constituée d'un tube en cuivre de 1 po de diamètre extérieur qui sera isolé à l'aide d'un revêtement de 1 pouce de polyuréthane recouvert de CPV (k = 0,012 BTU/pi-$^{o}$F-h).

Le coût de l'installation en place est de 3 100 $ et ce montant sera payé à l'aide d'un prêt s'étalant sur cinq ans à un taux d'intérêt de 12%. L'installation donne droit aux crédits d'impôt fédéraux et provinciaux associés aux énergies nouvelles et possède une durée de vie utile de 20 ans. Les autres paramètres importants associés à l'installation sont les suivants:

Collecteur:

FrUl=0,90 BTU/pi$^{2}$-$^{o}$F-h;

Fr(ta)n=0,73;

Constante de modification de l'angle d'incidence = 0,142

Pente = 40 degrés

Superficie brute = 62 pieds carrés

Taux de capacité par unité de superficie = 10 BTU/pi$^{2}$-$^{o}$F-h.

Dispositif de transport:

Tuyau d'admission (UA) = 1,7 BTU/h-$^{o}$F;

Tuyau de sortie (UA) = 1,7 BTU/h-$^{o}$F.

Réservoir d'emmagasinement (réchauffage):

Capacité par unité de superficie de collecteur = 10,77 BTU/pi$^{2}$-$^{o}$F;

Rapport hauteur à diamètre = 1,0;

Coefficient de pertes de l'isolant = 0,88 BTU/pi$^2$-h-$^o$F.

Réservoir auxiliaire (chauffe-eau existant):

UA global = 6,25 BTU/h-$^o$F;

Température environnante = 70 $^o$F

Chaleur d'appoint = d'origine électrique.

Aspects économiques:

Coût de l'installation = 3 100 $;

Portion du prêt payée au départ = 0%;

Durée du prêt = 5 ans;

Taux d'intérêt = 12%;

Toutes les autres valeurs sont assumées par défaut.

Combustible:

Coût de l'électricité = 0,0477 $/KW-h (13,98 $/MMBTU);

Taux d'inflation applicable au coût du combustible = 10% par année

Puisqu'il s'agit ici d'une installation ajoutée à une installation existante et que le chauffe-eau existant peut être utilisé sans modification pour plusieurs années à venir, il faut comparer les coûts étalés sur la durée de vie de l'installation à énergie solaire aux coûts étalés sur la durée de vie de l'électricité pour le chauffe-eau déjà en place. Pour ce faire, il suffit d'utiliser FCHART à deux reprises, une pour le chauffe-eau existant, désigné installation de référence, et l'autre pour l'installation à énergie solaire. Le chauffe-eau existant peut être décrit pour FCHART de la façon suivante

(les notes explicatives sont précédées par un point virgule):

```
                    FCHART - A DESIGN PROGRAM
          FROM THE SOLAR ENRGY LABORATORY OF THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
                          VERSION 4.1    5/1/82

  WOULD YOU LIKE INSTRUCTIONS (YES,NO,QUICK) ?
quick
  TYPE IN SYSTEM DESCRIPTION KEYWORDS, E.G. SPACE, ACTIVE, FPLATE...
dhw     ; installation pour eau chaude seulement.
  FPLATE, CPC, OR IMAGE ?
fplate  ; on aura besoin de plaques unies plus tard.
  LOSS OR NLOSS ?
nloss   ; aucun tuyau n'est situé à l'extérieur.
  LEAK OR NLEAK ?
nleak   ; il n'y a pas de conduites.
  HX OR NHX ?
nhx     ; il n'y a pas d'échangeur de chaleur.
  ECONOMICS OR NOECON ?
econ    ; fait appel à l'analyse économique.
  SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE

units   ; choisir le système d'unités anglaises.
  ENGLISH UNITS
 ?
c1=0    ; l'installation existante ne comporte pas de collecteur.
 ?
s3=0    ; il n'y a pas de réservoir de réchauffage.
 ?
s5=6,25 ; valeur UA du chauffe-eau déjà en place.
 ?
s6=70   ; le réservoir fait partie de la portion de la maison qui est chauffée.
 ?
l3=80   ; on a besoin de 80 gallons par jour d'eau chaude.
 ?
l4=140  ; la température de l'eau est fixée à 140°F.
 ?
l5=50   ; la température de l'eau d'alimentation est de 50°F.
 ?
e1=3    ; fait appel à des résultats économiques annuels.
 ?
e2=1    ; ceci est l'installation de référence.
 ?
e8=0    ; aucun investiment de capital n'est nécessaire pour l'installation
          existante.
```

```
?
fldata        ; fait appel au sous-programme d'introduction des données
                de coûts de combustible.

   GAS, ELECTRIC OR OIL ?
electric      ; des taux d'électricité seront introduits.

   BLOCK RATES OR SEQUENCE OF AVERAGE COSTS (BLOCK,SEQ) ?
block         ; la structure modulaire de taux est utilisée.

   ANNUAL INFLATION RATE (PER CENT) ?
10            ; taux d'inflation de 10% par année appliqué au coût du combustible.

   ENTER COST ($/MMBTU) AND MAX USE (MMBTU) FOR UP TO 5 BLOCKS
13,98  10000 ; 13,98$/MMBTU pour un maximum de 10 000 MMBTU.

 ?
list fldata   ; demande le détail des coûts de combustible.

          FUEL COST

ELEC  (BLOCK RATE STRUCTURE)
      ANNUAL INFLATION RATE        10,0%
      BLOCK                           1
      COST ($/MMBTU)               14,0
      MAX. USE (MMBTU)          10000,0

TYPE FLDATA TO ENTER OR CHANGE FUEL COSTS
?
list all

COLLECTOR PARAMETERS
C1. COLLECTOR AREA.....0,0 FT2
C2. FR-UL PRODUCT.....0,74 BTU/HR-FT2-DEG F
C3. FR-TAU-ALPHA (NORMAL INCIDENCE).....0,70
C6. NUMBER OF COVERS (IF 0, C15 IS USED).....2,00
C7. INDEX OF REFRACTION.....1,53
C8. EXTINCTION COEFFICIENT X LENGTH (KL).....0,04
C9. INC. ANGLE MOD. CONSTANT (IF 0, C6-C8 USED).....0,0
C10. COLLECTOR FLOW RATE * SPECIFIC HEAT/AREA.....9,69 BTU/HR-FT2-DEG F
C12. COLLECTOR SLOPE.....43,00 DEGREES
C13. COLLECTOR AZIMUTH..... 0,0 DEGREES
C14. GROUND REFLECTANCE..... 0,20
C15. INCIDENCE ANGLE MODIFIERS (10,20,30,40,50,60,70,80 DEG.)
     1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37

STORAGE UNIT PARAMETERS
S1. TANK CAPACITY/COLLECTOR AREA..... 17,12 BTU/DEG F-FT2
S2. STORAGE UNIT HEIGHT/DIAMETER RATIO.....  2,00
S3. HEAT LOSS COEFFICIENT.....  0,0  BTU/HR-FT2-DEG F
S4. ENVIRONMENT TEMPERATURE (-1000 FOR TENV=TAMB)..... 68,00 DEG F
S5. HOT WATER AUXILIARY TANK UA.....  6,25 BTU/HR-DEG F
S6. HOT WATER AUX TANK ENVIRONMENT TEMPERATURE..... 70,00 DEG F
```

```
LOAD PARAMETERS
L3. HOT WATER USE.....80,00 GALLONS/DAY
L4. HOT WATER SET TEMPERATURE.....140,00 DEG F
L5. WATER MAINS TEMPERATURE..... 50,00 DEG F

AUXILIARY PARAMETERS
A3. HOT WATER AUXILIARY FUEL (1=GAS,2=ELEC,3= OIL)..   2
A4. AUXILIARY WATER HEATER EFFICIENCY.....   1,00

ECONOMIC PARAMETERS
E1. ECONOMIC OUTPUT DETAILS (1,2 OR 3).....   3,00
E2. REFERENCE OR COMPARISON SYSTEM ( 1 or 2 ).....   1,00
E3. CALCULATE RATE OF RETURN (YES=1,NO=2).....   2,00
E4. INCOME PRODUCING BUILDING (YES=1,2=NO).....   2,00
E5. DEPRC: STR,LN.=1,DC.BAL.=2,SM-YR-DGT=3,NONE=4...   1,00
E6. CONSIDER FEDERAL TAX CREDITS (YES=1,2=NO).....   1,00
E7. LENGTH OF ANALYSIS.....  20,00 YEARS
E8. TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST..... $ 0,0
E9. NON-TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST..... $ 0,0
E10. ANNUAL INCREASE IN PURCHASED ENERGY DEMAND.....   0,0 %/YEAR
E11. TERM OF MORTGAGE.....  20,00 YEARS
E12. DOWN PAYMENT (% OF ORIGINAL INVESTMENT).....  10,00 %
E13. MORTGAGE ANNUAL INTEREST RATE.....   8,00 %
E14. RESALE VALUE (% OF ORIGINAL INVESTMENT).....   0,0 %
E15. ANNUAL NOMINAL (MARKET) DISCOUNT RATE.....   8,00 %
E16. EXTRA INSUR., LISET. IN YEAR 1 (% OF ORIG. INV.)  1,00 %
E17. ANNUAL % INCREASE IN ABOVE EXPENSES.....   6,00 %
E18. EFFECTIVE FEDERAL-STATE INCOME TAX RATE.....  35,00 %
E19. TRUE PROP. TAX RATE PER $ OF ORIGINAL INVEST...   2,00 %
E20. ANNUAL % INCREASE IN PROPERTY TAX RATE.....   6,00 %/YR
E21. STATE CREDIT IN TIER ONE.....  24,00 %
E22. STATE CREDIT TIER ONE BREAK..... $ 10 000,00
E23. STATE CREDIT IN TIER TWO.....   0,0 %
E24. STATE CREDIT TIER TWO BREAK.....$ 10 000,00
E25. USEFUL LIFE FOR DEPREC. PURPOSES.....  20,00 YEARS
E26. % OF ST. LINE DEP. RATE (DC. BAL. DEPRC)..... 150,00 %

TYPE LIST FLDATA FOR FUEL COSTS
 ?
title existing hot water heater (electric)  ; ajouter le titre.
 ?
run short ;ceci fait que les résultats de l'analyse thermique seront
          présentés dans leur format court, mais n'affecte pas l'a-
          nalyse économique.

********** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) **********

EXISTING HOT WATER HEATER (ELECTRIC)

OTTAWA   INT'L   ONT       LATITUDE 45,3
```

## THERMAL PERFORMANCE

| | HT (MMBTU) | TA (DEG-F) | HWLOAD (MMBTU) | QU (MMBTU) | QLOSS (MMBTU) | FDHW |
|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | 0,0 | 42,5 | 25,75 | 0,00 | -0,00 | 0,0 |

## PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (MMBTU) | 0,0 | 25,75 | 0,0 | 25,75 |
| COST ($) | 0,0 | 360,04 | 0,0 | 360,04 |

## LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | | |
|---|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ | 0. |
| DOWN PAYMENT | $ | 0. |
| TOTAL TAX CREDITS | $ | 0. |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ | 0. FOR 20 YEARS |

| | ****INFORMATION****** | | | *******SYSTEM COSTS********* | | | | ENERGY* | ****INDICATORS******* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | END OF YR PRINC | IN-TEREST PAID | COMM DEPREC DEDUCT | LOAN PAYMT | MAINT & INS | PROP TAX | TAX CREDIT RESALE | NET FUEL COST | NET CASH FLOW | PW OF CASH FLOW | CUMU-LATIVE PW |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 360 | 360 | 333 | 333 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 396 | 396 | 340 | 673 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 436 | 436 | 346 | 1019 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 479 | 479 | 352 | 1371 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 527 | 527 | 359 | 1730 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 580 | 580 | 365 | 2095 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 638 | 638 | 372 | 2467 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 702 | 702 | 379 | 2846 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 772 | 772 | 386 | 3232 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 849 | 849 | 393 | 3626 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 934 | 934 | 401 | 4026 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1027 | 1027 | 408 | 4434 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1130 | 1130 | 415 | 4850 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1243 | 1243 | 423 | 5273 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1367 | 1367 | 431 | 5704 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1504 | 1504 | 439 | 6143 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1654 | 1654 | 447 | 6590 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1820 | 1820 | 455 | 7045 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2002 | 2002 | 464 | 7509 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2202 | 2202 | 472 | 7982 |
| TOTAL | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20622 | 20622 | 7982 | |
| PW OF TOT | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7982 | 7982 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 20622 | 813 | 7982 |
| TOTAL COST | 20622 | 813 | 7982 |

On peut procéder à un petit calcul rapide pour vérifier les résultats et pour s'assurer que FCHART procède bien à l'analyse de l'installation que nous avons définie. La charge de chauffage d'eau chaude est mCp(Tfixée - Talimentation)N, où m est le volume d'eau utilisé par jour, Cp la chaleur spécifique de l'eau, (Tfixée - Talimentation) l'augmentation de température nécessaire, et N le nombre de jours dans l'année. Donc:

$$Qhw = 80.(8,35).1.(140 - 50).365$$
$$= 21,94 \text{ MMBTU/année}$$

Cette charge, plus les pertes fixes du réservoir, apparaît dans les résultats de l'analyse thermique sous le titre HWLOAD. Puisqu'on ne fournit aucune énergie solaire à l'installation, cette charge doit être satisfaite par l'énergie électrique uniquement. La consommation annuelle d'électricité de l'installation sera donc égale à:

$$Qelect = Qhw + Qloss$$
$$= 21,94 + (10\ 500).365$$
$$= 25,77 \text{ MMBTU/année}$$

Ceci correspond bien à la valeur de consommation d'énergie électrique apparaissant sour le titre "Sommaire d'énergie achetée"; cette énergie coûte 360 $/année, tel qu'indiqué dans les résultats.

Nous pouvons maintenant procéder à l'analyse de l'installation solaire en utilisant FCHART. Les questions et réponses seraient les suivantes:

```
 ?
change transfer  ; inclure les pertes des tuyaux en modifiant les
                   éléments de transport
   LOSS OR NLOSS ?
loss             ; il faut inclure les pertes de chaleur des tuyaux
                   au milieu ambiant
   LEAK OR NLEAK ?
nleak            ; aucune fuite car l'installation de comporte pas de
                   conduites
   HX OR NHX ?
nhx              ; pas d'échangeur de chaleur
   SYSTEM DESCRIPTION COMPLETE

 ?
c1 62            ; on spécifie 62 pieds carrés de collecteur
 ?
c2 .90           ; valeur FrUl du collecteur
 ?
c3 .73           ; valeur Fr(ta)n du collecteur
 ?
c9 ,142          ; constante de modification d'angle d'incidence pour le
                   collecteur
 ?
c10 10           ; taux de capacité du fluide du collecteur par unité
                   de superficie
 ?
c12 40           ; le collecteur est incliné à 40 degrés
 ?
t2 1,7           ; UA du tuyau d'admission du collecteur
 ?
t3 1,7           ; UA du tuyau de sortie du collecteur
 ?
s1 10,77         ; capacité du réservoir de réchauffage par unité de
                   superficie
 ?
s2 1,9           ; rapport hauteur à diamètre du réservoir de réchauffage
 ?
s3 0,88          ; coefficient de pertes de l'isolant du réservoir de
                   réchauffage
 ?
s4 70            ; température au voisinage du réservoir de réchauffage
 ?
s5 6,25          ; UA du réservoir auxiliaire
```

```
 ?
s6 70          ; température au voisinage du réservoir auxiliaire
 ?
q3 2           ; on utilise de l'électricité comme source d'énergie d'appoint
 ?
q4 1           ; le rendement d'allumage de l'élément électrique est de 100%
 ?
e2 2           ; fait appel à une comparaison économique avec l'installation
                 de référence
 ?
e7 20          ; analyse pour une durée de vie de 20 ans
 ?
e8 3100        ; coût total de l'installation lorsqu'installée
 ?
e11 5          ; prêt pour 5 ans
 ?
e12 0          ; aucun paiement initial
 ?
e13 12         ; intérêt de 12% sur le prêt
 ?
e14 0          ; aucune valeur de revente
 ?
e19 0          ; l'équipement solaire est exempt de taxe foncière
 ?
e21 24         ; le crédit d'impôtaccordé par le Wisconsin est de 24%
                 pour les additions à des systèmes existants
 ?
e22 10000      ; Jusqu'à 10,000 $ du coût de l'installation donne droit à
                 des crédits d'impôt
 ?
e23 0          ; les crédits accordés par le Wisconsin en 1980 ne com-
                 portent qu'un niveau
 ?
list all

COLLECTOR PARAMETERS
C1. COLLECTOR AREA.....                    62,00 FT2
C2. FR-UL PRODUCT.....                      0,90 BTU/HR-FT2-DEG F
C3. FR-TAU-ALPHA (NORMAL INCIDENCE).....    0,73
C6. NUMBER OF COVERS (IF 0, C15 IS USED).....  2,00
C7. INDEX OF REFRACTION.....                1,53
C8. EXTINCTION COEFFICIENT X LENGTH (KL).....  0,04
C9. INC. ANGLE MOD. CONSTANT (IF 0, C6-C8 USED).....  0,14
C10. COLLECTOR FLOW RATE * SPECIFIC HEAT/AREA.....  10,00 BTU/HR-FT2-DEG F
C12. COLLECTOR SLOPE.....                  40,00 DEGREES
C13. COLLECTOR AZIMUTH.....                 0,0  DEGREES
C14. GROUND REFLECTANCE.....                0,20
```

```
C15. INCIDENCE ANGLE MODIFIERS (10,20,30,40,50,60,70,80 DEG.)
     1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37

COLLECTOR-STORE TRANSFER PARAMETERS
T2. UA OF COLLECTOR INLET PIPE OR DUCT..................  1,70BTU/HR-DEG F
T3. UA OF COLLECTOR OUTLET PIPE OR DUCT.................  1,70BTU/HR-DEG F

STORAGE UNIT PARAMETERS
S1. TANK CAPACITY/COLLECTOR AREA..................... 10,77BTU/DEG F-FT2
S2. STORAGE UNIT HEIGHT/DIAMETER RATIO..............  1,90
S3. HEAT LOSS COEFFICIENT.....................................  0,88BTU/HR-FT2-DEG
S4. ENVIRONMENT TEMPERATURE (-1000 FOR TENV=TAMB)..... 70,00DEG F
S5. HOT WATER AUXILIARY TANK UA.....................  6,25 BTU/HR-DEG F
S6. HOT WATER AUX TANK ENVIRONMENT TEMPERATURE..... 70,00 DEG F

LOAD PARAMETERS
L3. HOT WATER USE..................................... 80,00 GALLONS/DAY
L4. HOT WATER SET TEMPERATURE.....................140,00 DEG F
L5. WATER MAINS TEMPERATURE.......................... 50,00 DEG F

AUXILIARY PARAMETERS
A3. HOT WATER AUXILIARY FUEL (1=GAS,2=ELEC,3=OIL).....  2.
A4. AUXILIARY WATER HEATER EFFICIENCY.................  1,00

ECONOMIC PARAMETERS
E1. ECONOMIC OUTPUT DETAIL (1,2 OR 3).................  3,00
E2. REFERENCE OR COMPARISON SYSTEM (1 OR 2)............  2,00
E3. CALCULATE RATE OF RETURN (YES=1,NO=2).............  2,00
E4. INCOME PRODUCING BUILDING (YES=1,2=NO)............  2,00
E5. DEPRC: STR,LN.=1,DC.BAL.=2,SM-YR-DGT=3,NONE=4.....  1,00
E6. CONSIDER FEDERAL TAX CREDITS (YES=1,NO=2).........  1,00
E7. LENGTH OF ANALYSIS................................ 20,00 YEARS
E8. TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST.....................$3 100,00
E9. NON-TAX CREDITABLE SYSTEM BASE COST.............$    0,0
E10. ANNUAL INCREASE IN PURCHASED ENERGY DEMAND.....  0,0 %/YR
E11. TERM OF MORTGAGE..............................  5,00 YEARS
E12. DOWN PAYMENT (% OF ORIGINAL INVESTMENT).......  0,0  %
E13. MORTGAGE ANNUAL INTEREST RATE.................. 12,00 %
E14. RESALE VALUE (% OF ORIGINAL INVESTMENT).......  0,0  %
E15. ANNUAL NOMINAL (MARKET) DISCOUNT RATE.........  8,00 %
E16. EXTRA INS., LISET. IN YEAR 1 (% OF ORIG. INV.).  1,00 %
E17. ANNUAL % INCREASE IN ABOVE EXPENSES...........  6,00 %
E18. EFFECTIVE FEDERAL-STATE INCOME TAX RATE..... 35,00 %
E19. TRUE PROP. TAX RATE PER $ OF ORIGINAL INVESTMENT.....  0,0  %
E20. ANNUAL % INCREASE IN PROPERTY TAX RATE.....  6,00 %/YR
E21. STATE CREDIT IN TIER ONE..................... 24,00 %
E22. STATE CREDIT TIER ONE BREAK.....................$10000,00
E23. STATE CREDIT IN TIER TWO.....................  0,0 %
E24. STATE CREDIT TIER TWO BREAK.....................$10000,00
E25. USEFUL LIFE FOR DEPREC. PURPOSES..... 20,00 YEARS
E26. % OF ST. LINE DEP. RATE (DC. BAL. DEPREC.)..... 150,00 %
TYPE LIST FLDATA FOR FUEL COSTS
 ?
title solar water heater    ; donner nouveau titre
 ?
run long    ; fait appel à longue présentation des performances thermiques
```

********** FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1) **********

SOLAR WATER HEATER

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (MMBTU) | TA (DEG F) | HWLOAD (MMBTU) | QU (MMBTU) | QLOSS (MMBTU) | FDHW |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 1,82 | 12,4 | 2,19 | 0,57 | 0,04 | 0,24 |
| FEB | 2,22 | 14,9 | 1,98 | 0,73 | 0,13 | 0,31 |
| MAR | 2,98 | 26,4 | 2,19 | 1,07 | 0,25 | 0,37 |
| APR | 2,87 | 42,1 | 2,12 | 1,14 | 0,29 | 0,40 |
| MAY | 3,21 | 54,3 | 2,19 | 1,35 | 0,38 | 0,45 |
| JUN | 3,22 | 64,8 | 2,12 | 1,45 | 0,43 | 0,48 |
| JUL | 3,40 | 69,3 | 2,19 | 1,60 | 0,49 | 0,51 |
| AUG | 3,17 | 66,7 | 2,19 | 1,52 | 0,45 | 0,49 |
| SEP | 2,61 | 58,3 | 2,12 | 1,21 | 0,32 | 0,42 |
| OCT | 2,08 | 47,7 | 2,19 | 0,91 | 0,18 | 0,33 |
| NOV | 1,16 | 34,5 | 2,12 | 0,42 | -0,02 | 0,21 |
| DEC | 1,30 | 18,1 | 2,19 | 0,40 | -0,04 | 0,20 |
| YR | 30,04 | 42,5 | 25,75 | 12,38 | 2,91 | 0,37 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (MMBTU) | 0,0 | 16,28 | 0,0 | 16,28 |
| COST ($) | 0,0 | 227,62 | 0,0 | 227,62 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | |
|---|---|
| INITIAL COST OF SYSTEM | $ 3 100 |
| DOWN PAYMENT | $ 0 |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 1 984 |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 860 FOR 5 YEARS |

| | ****INFORMATION******* | | | ******SYSTEM COST******** | | | | *ENERGY* | *****INDICATORS***** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | END OF YR PRINC | IN-TEREST PAID | COMM DEPREC DEDUCT | LOAN PAYMT | MAINT & INS | PROP TAX | TAX CREDIT RESALE | NET FUEL COST | NET CASH FLOW | PW OF CASH FLOW | CUMU-LATIVE PW |
| 0 | 3100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1984 | 0 | -1983 | -1983 | -1983 |
| 1 | 2612 | 372 | 0 | 860 | 31 | 0 | 130 | 228 | 988 | 915 | -1068 |
| 2 | 2066 | 313 | 0 | 860 | 33 | 0 | 110 | 250 | 1034 | 886 | -182 |
| 3 | 1453 | 248 | 0 | 860 | 35 | 0 | 87 | 275 | 1083 | 860 | 677 |
| 4 | 768 | 174 | 0 | 860 | 37 | 0 | 61 | 303 | 1139 | 837 | 1514 |
| 5 | 0 | 92 | 0 | 860 | 39 | 0 | 32 | 333 | 1200 | 817 | 2331 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 367 | 408 | 257 | 2588 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 403 | 447 | 261 | 2849 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 0 | 0 | 444 | 490 | 265 | 3114 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 488 | 537 | 269 | 3383 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 0 | 537 | 589 | 273 | 3656 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 56 | 0 | 0 | 590 | 646 | 277 | 3933 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 0 | 0 | 649 | 708 | 281 | 4214 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 0 | 0 | 714 | 777 | 286 | 4500 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 | 786 | 852 | 290 | 4790 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 | 864 | 934 | 295 | 5084 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 0 | 0 | 951 | 1025 | 299 | 5383 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | 0 | 0 | 1046 | 1125 | 304 | 5687 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 | 0 | 0 | 1150 | 1234 | 309 | 5996 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 | 1266 | 1354 | 314 | 6310 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 0 | 0 | 1392 | 1486 | 319 | 6629 |
| TOTAL | | 1199 | 0 | 4300 | 1139 | 0 | 2404 | 13036 | 16073 | 6629 | |
| PW OF TOT | | 1000 | 0 | 3434 | 483 | 0 | 2334 | 5046 | 6629 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 13036 | 514 | 5046 |
| TOTAL COST | 16073 | 675 | 6629 |

COMPARATIVE LIFE CYCLE ECONOMICS

| | **REFERENCE SYSTEM*** | | **CURRENT SYSTEM** | | **********SAVINGS********** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YR | SYSTEM COST | ENERGY COST | SYSTEM COST | ENERGY COST | NET SAVE | PW OF SAVE | CUM. PW |
| 0 | 0 | 0 | -1983 | 0 | 1984 | 1984 | 1984 |
| 1 | 0 | 360 | 761 | 228 | -627 | -581 | 1402 |
| 2 | 0 | 396 | 783 | 250 | -636 | -546 | 856 |
| 3 | 0 | 436 | 808 | 275 | -647 | -513 | 341 |
| 4 | 0 | 479 | 836 | 303 | -659 | -484 | -142 |
| 5 | 0 | 527 | 867 | 333 | -672 | -457 | -600 |
| 6 | 0 | 580 | 41 | 367 | 172 | 108 | -492 |
| 7 | 0 | 638 | 44 | 403 | 191 | 111 | -381 |
| 8 | 0 | 702 | 47 | 444 | 211 | 114 | -267 |
| 9 | 0 | 772 | 49 | 488 | 234 | 117 | -149 |
| 10 | 0 | 849 | 52 | 537 | 260 | 120 | -29 |
| 11 | 0 | 934 | 56 | 590 | 288 | 123 | 93 |
| 12 | 0 | 1027 | 59 | 649 | 319 | 127 | 220 |
| 13 | 0 | 1130 | 62 | 714 | 353 | 130 | 350 |
| 14 | 0 | 1243 | 66 | 786 | 391 | 133 | 483 |
| 15 | 0 | 1367 | 70 | 864 | 433 | 136 | 620 |
| 16 | 0 | 1504 | 74 | 951 | 479 | 140 | 759 |
| 17 | 0 | 1654 | 79 | 1046 | 530 | 143 | 902 |
| 18 | 0 | 1820 | 83 | 1150 | 586 | 147 | 1049 |
| 19 | 0 | 2002 | 88 | 1266 | 648 | 150 | 1199 |
| 20 | 0 | 2202 | 94 | 1392 | 716 | 154 | 1353 |
| TOTAL | 0 | 20622 | 3036 | 13036 | 4554 | 1353 | |
| PW OF TOT | 0 | 7982 | 1583 | 5046 | 1353 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY SAVING | 7586 | 299 | 2936 |
| TOTAL SAVING | 4554 | 137 | 1353 |

CUMULATIVE UNDISC. ENERGY SAVINGS EQUAL INCREASED INVESTMENT IN 13 YEARS

CUMULATIVE UNDISC. NET SAVINGS EQUAL ZERO (BREAK EVEN POINT) IN 11 YEARS

La valeur, en dollars actuels, des économies réalisées en ajoutant l'équipement solaire à l'installation est de 1 353 $. L'installation fournit 37% de l'énergie nécessaire pour suffire à la demande en eau chaude de cette maison chaque année.

En termes des coûts d'énergie de la première année, il y a une économie de 360 $ - 228 $ ou 132 $. Toutefois, au cours de la même année, il a fallu 761 $ pour acheter l'installation. Comme résultat, au cours des cinq premières années de possession de l'installation, l'installation solaire entraîne une économie nette négative par rapport à l'installation conventionnelle à l'électricité. Une fois l'installation payée, elle présente des économies nettes croissantes au cours des années 6 à 20, à cause de l'augmentation du coût de combustible. Noter l'influence importante du crédit d'impôt de 1 983 $ sur la performance économique de l'installation. Puisque ce crédit d'impôt est accordé moins d'une année après l'achat (certains états paient leur quote-part immédiatement), on ne l'a pas escompté. Si le crédit d'impôt était soustrait de la valeur actuelle du total des économies (1 353 $), les économies seraient inexistantes.

OPTIMALISATION DE LA SUPERFICIE DU COLLECTEUR

Il serait intéressant de voir si la superficie choisie pour cette installation est de l'ordre de grandeur de la superficie de collecteur optimale d'un point de vue économique. On peut utiliser FCHART pour déterminer les dimensions optimales, d'un point de vue économique, de tout élément de l'installation. Dans ce cas-ci, il s'agit de la superficie du collecteur. Les

collecteurs sont disponibles en modules d'environ 20 pieds carrés de superficie brute, coûtant 500 $ chacun. Ceci fait que le coût de base de l'installation, sans collecteurs, est de 1 600 $. Pour déterminer la superficie de collecteur optimale du point de vue économique, il faut, en premier lieu, fixer le coût de base de l'installation au coût sans collecteur, puis fournir des données d'optimalisation pour le collecteur. C'est ce qui a été fait dans l'exemple suivant, où les valeurs initiales des paramètres sont identiques à celles que l'on avait à la fin de l'exemple précédent.

```
 ?
e8 1600        ; modification du coût de base de l'installation
 ?
opdata         ; introduction de données d'optimalisation
  INDEPENDENT VARIABLES ?
c1             ; la superficie du collecteur est la variable indépendante
  DEPENDENT VARIABLES (UP TO 5) ?
none           ; aucune variable dépendante
  NUMBER OF DATA POINTS (2 TO 5) ?
2              ; il y a deux points de données à fournir
  ENTER 2 DATA POINTS
0 0            ; les collecteurs coûtent 25 $ au pied carré
200 5000       ; la superficie maximale est de 200 pieds carrés
  COST ELIGIBLE FOR TAX CREDITS (YES,NO) ?
yes            ; les coûts pour les collecteurs donnent droit aux
                 crédits d'impôt
 ?
list opdata c1 ; énumération des données d'optimalisation tout juste
                 fournies

  INDEPENDENT VARIABLE C 1
  DATA POINTS
            0,0            0,0
            2,000E+02      5,000E+03
 ?
title optimum collector area run   ;  nouveau titre
 ?
opt c1 ; demande l'optimalisation de la superficie du collecteur
         à l'occasion de la prochaine instruction run
 ?
run
```

**********FCHART ANALYSIS (VERSION 4.1)**********

OPTIMUM COLLECTOR AREA RUN

OTTAWA INT'L ONT LATITUDE 45,3

**** LOOP AND OPTIMIZATION PARAMETERS ****

C1. COLLECTOR AREA.....114,32 FT2

THERMAL PERFORMANCE

| | HT (MMBTU) | TA (DEG-F) | HWLOAD (MMBTU) | QU (MMBTU) | QLOSS (MMBTU) | FDHW |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 3,36 | 12,4 | 2,19 | 0,97 | 0,26 | 0,32 |
| FEB | 4,10 | 14,9 | 1,98 | 1,22 | 0,42 | 0,40 |
| MAR | 5,49 | 26,4 | 2,19 | 1,75 | 0,68 | 0,49 |
| APR | 5,30 | 42,1 | 2,12 | 1,84 | 0,74 | 0,52 |
| MAY | 5,93 | 54,3 | 2,19 | 2,16 | 0,90 | 0,57 |
| JUN | 5,94 | 64,8 | 2,12 | 2,30 | 0,99 | 0,62 |
| JUL | 6,26 | 69,3 | 2,19 | 2,52 | 1,10 | 0,65 |
| AUG | 5,84 | 66,7 | 2,19 | 2,41 | 1,04 | 0,63 |
| SEP | 4,81 | 58,3 | 2,12 | 1,95 | 0,80 | 0,54 |
| OCT | 3,83 | 47,7 | 2,19 | 1,48 | 0,54 | 0,43 |
| NOV | 2,13 | 34,5 | 2,12 | 0,70 | 0,13 | 0,27 |
| DEC | 2,40 | 18,1 | 2,19 | 0,68 | 0,11 | 0,26 |
| YR | 55,39 | 42,5 | 25,75 | 19,98 | 7,68 | 0,48 |

PURCHASED ENERGY SUMMARY

| | GAS | ELECTRIC | OIL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| USE (MMBTU) | 0,0 | 13,46 | 0,0 | 13,46 |
| COST ($) | 0,0 | 188,18 | 0,0 | 188,18 |

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CURRENT SYSTEM

| | | |
|---|---|---|
| BASE COST OF SYSTEM | $ 1 600 | |
| COST ABOVE BASE COST | $ 2 858 | |
| TOTAL COST OF SYSTEM | $ 4 458 | |
| DOWN PAYMENT | $ 0 | |
| TOTAL TAX CREDITS | $ 2 853 | |
| ANNUAL MORTGAGE PAYMENT | $ 1 237 | FOR 5 YEARS |

| YR | END OF YR PRINC | IN-TEREST PAID | COMM DEPREC DEDUCT | LOAN PAYMT | MAINT & INS | PROP TAX | TAX CREDIT RESALE | NET FUEL COST | NET CASH FLOW | PW OF CASH FLOW | CUM-LATIVE PW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ****INFORMATION******* | | | *******SYSTEM COSTS********** | | | | *ENERGY* | ****INDICATORS****** | | |
| 0 | 4458 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2853 | 0 | -2852 | -2852 | -2852 |
| 1 | 3756 | 535 | 0 | 1237 | 45 | 0 | 187 | 188 | 1282 | 1187 | -1665 |
| 2 | 2970 | 451 | 0 | 1237 | 47 | 0 | 158 | 207 | 1333 | 1143 | -522 |
| 3 | 2090 | 356 | 0 | 1237 | 50 | 0 | 125 | 228 | 1390 | 1103 | 580 |
| 4 | 1104 | 251 | 0 | 1237 | 53 | 0 | 88 | 250 | 1452 | 1068 | 1648 |
| 5 | 0 | 133 | 0 | 1237 | 56 | 0 | 46 | 276 | 1522 | 1036 | 2684 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 303 | 363 | 229 | 2912 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 | 333 | 397 | 231 | 3144 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 0 | 0 | 367 | 434 | 234 | 3378 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 | 0 | 0 | 403 | 474 | 237 | 3616 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 0 | 0 | 444 | 519 | 240 | 3856 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 488 | 568 | 244 | 4100 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 0 | 0 | 537 | 622 | 247 | 4346 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 0 | 0 | 591 | 680 | 250 | 4596 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0 | 0 | 650 | 745 | 254 | 4850 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 101 | 0 | 0 | 715 | 815 | 257 | 5107 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 107 | 0 | 0 | 786 | 893 | 261 | 5368 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 113 | 0 | 0 | 865 | 978 | 264 | 5632 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 0 | 0 | 951 | 1071 | 268 | 5900 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 127 | 0 | 0 | 1046 | 1173 | 272 | 6172 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135 | 0 | 0 | 1151 | 1286 | 276 | 6448 |
| TOTAL | | 1726 | 0 | 6185 | 1640 | 0 | 3457 | 10779 | 15145 | 6448 | |
| PW OF TOT | | 1440 | 0 | 4939 | 695 | 0 | 3357 | 4172 | 6448 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY COST | 10779 | 425 | 4172 |
| TOTAL COST | 15145 | 657 | 6448 |

COMPARATIVE LIFE CYCLE ECONOMICS

| YR | SYSTEM COST | ENERGY COST | SYSTEM COST | ENERGY COST | NET SAVE | PW OF SAVE | CUM. PW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***REFERENCE SYSTEM*** | | ***CURRENT SYSTEM**** | | *********SAVINGS******** | | |
| 0 | 0 | 0 | -2852 | 0 | 2853 | 2853 | 2853 |
| 1 | 0 | 360 | 1094 | 188 | -921 | -853 | 1999 |
| 2 | 0 | 396 | 1126 | 207 | -936 | -802 | 1196 |
| 3 | 0 | 436 | 1162 | 228 | -953 | -756 | 438 |
| 4 | 0 | 479 | 1202 | 250 | -972 | -712 | -276 |
| 5 | 0 | 527 | 1247 | 276 | -994 | -676 | -953 |
| 6 | 0 | 580 | 60 | 303 | 217 | 137 | -816 |
| 7 | 0 | 638 | 63 | 333 | 241 | 141 | -676 |
| 8 | 0 | 702 | 67 | 367 | 268 | 145 | -531 |
| 9 | 0 | 772 | 71 | 403 | 297 | 149 | -382 |
| 10 | 0 | 849 | 75 | 444 | 330 | 153 | -229 |
| 11 | 0 | 934 | 80 | 488 | 366 | 157 | -72 |
| 12 | 0 | 1027 | 85 | 537 | 406 | 161 | 88 |
| 13 | 0 | 1130 | 90 | 591 | 450 | 165 | 253 |
| 14 | 0 | 1243 | 95 | 650 | 498 | 170 | 423 |
| 15 | 0 | 1367 | 101 | 715 | 552 | 174 | 597 |
| 16 | 0 | 1504 | 107 | 786 | 611 | 178 | 775 |
| 17 | 0 | 1654 | 113 | 865 | 676 | 183 | 958 |
| 18 | 0 | 1820 | 120 | 951 | 749 | 187 | 1145 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 0 | 2002 | 127 | 1046 | 828 | 192 | 1337 |
| 20 | 0 | 2202 | 135 | 1151 | 916 | 197 | 1534 |
| TOTAL | 0 | 20622 | 4368 | 10779 | 5482 | 1534 | |
| PW OF TOT | 0 | 7982 | 2278 | 4172 | 1534 | | |

| | UNDISCOUNTED | ANNUALIZED | PRESENT WORTH |
|---|---|---|---|
| ENERGY SAVING | 9843 | 388 | 3810 |
| TOTAL SAVING | 5482 | 156 | 1534 |

CUMULATIVE UNDISC. ENERGY SAVINGS EQUAL INCREASED INVESTMENT IN 14 YEARS

CUMULATIVE UNDISC. NET SAVINGS EQUAL ZERO (BREAK EVEN POINT) IN 12 YEARS

La superficie optimale de collecteur de 114 pieds carrés est presque le double de la valeur utilisée précédemment. Dans le cas précédent, avec 62 pieds carrés de collecteur, on avait des économies de 1 353 $ pour la durée de vie par rapport au chauffe-eau électrique conventionnel de 52 gallons, alors qu'avec l'installation à superficie optimale de collecteur, ces économies se chiffrent à 1 534 $ Puisque les paramètres C10, taux de capacité de collecteur, et S1, capacité d'emmagasinement, n'ont pas été modifiés avant de procéder à cette seconde analyse, il faudrait vérifier les valeurs du débit de pompe et du volume d'emmagasinement associées avec les quelque 100 pieds carrés de collecteur exigés ici. La valeur du paramètre C10 avait été fixée à 10 BTU/pi$^2$-h-$^oF$ auparavant. Pour une superficie de l'ordre de 100 pieds carrés, ceci donne un débit de pompe de 130 gallons à l'heure, valeur supérieure au débit de 75 gallons à l'heure fournie auparavant. En outre, le paramètre S1 avait été fixé à 10,77 BTU/pi$^2$-$^oF$, ce qui donne une capacité de réservoir nécessaire de 149 gallons pour une superficie de collecteur de 114 pieds carrés.

# CHAPITRE 7

## DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

La portion données météorologiques du programme FCHART permet d'avoir facilement et rapidement accès à des données météorologiques associées à plusieurs localités sans avoir à occuper de nombreux emplacements de mémoire principale d'ordinateur. Deux "banques de données" sont utilisées: les données qui demandent 10 emplacements de mémoire ou moins sont emmagasinées dans la mémoire interne, tandis que les données qui demandent plus d'emplacements de mémoire sont emmagasinées sur disque magnétique. Pour pouvoir procéder à une analyse dans une localité donnée, les données associées à cette localité doivent faire partie de la banque de données interne. Les sections 7.2 à 7.4 traitent d'instructions qui permettent de transférer des données de la banque de données externe à la banque de données interne, d'énumérer ou modifier les données de la banque de données interne, et d'introduire des données dans la mémoire secondaire ou en extraire.

Selon le type d'installation étudiée, FCHART a besoin d'une ou plusieurs données parmi les suivantes, pour chaque localité:

Identification de la localité (ville et province)

Latitude

Pente et azimuth associés aux données de radiation solaire

Moyenne de radiation solaire totale quotidienne établie sur un mois

Moyenne de degrés-jours de chauffage établie sur un mois

Moyenne de la température ambiante établie sur un mois.

Toutes les données sus-mentionnées vous sont fournies avec le programme pour 97 localités canadiennes, chaque localité étant identifiée par un numéro de localité identifiant son emplacement dans le fichier externe. Dans le fichier interne, on retrouve 10 grandes villes canadiennes, villes qui sont énumérées à l'annexe B.1. Trois listes permettant d'identifier par nom et numéro les 97 localités canadiennes vous sont fournies: à l'annexe B.2, les localités sont regroupées par nom et par province; elles sont énumérées par nom en ordre alphabétique à l'annexe B.3 et indiquées sur une carte du Canada à l'annexe B.4.

7.1 Énumération de données météorologiques

Pour avoir la liste des municipalités constituant le fichier interne, on utilise l'instruction

LIST CITIES

Pour obtenir toutes les données associées à une municipalité du fichier interne, on utilise

LIST DATA "numéro de localité"

Par exemple, si la ville d'Ottawa (Ontario) fait partie du fichier interne (cette ville fait partie du groupe des 10 localités utilisées par défaut du fichier interne), il suffit de taper ce qui suit pour avoir les données associées à la ville d'Ottawa:

LIST DATA 53

Pour n'avoir que les données de radiation solaire, de température ambiante et de degrés-jours, associées à une localité, on utilise ce qui suit:

LIST SOLAR "numéro de localité"

LIST TAMB "numéro de localité"

LIST DDAYS "numéro de localité"

7.2.1 Accès à la banque de données externe

Pour choisir des localités de la banque de données externe afin de les inclure dans la banque de données interne, on utilise l'instruction CITIES. Pour procéder à des analyses dans les localités 4, 48 et 87, il suffit de taper:

CITIES 4, 48, 87

pour transférer les données associées à ces localités dans la banque de données interne. De façon générale, pour éviter un trop grand nombre d'opérations d'accès à la banque de données externe, il est préférable de réduire au minimum le nombre d'instructions CITIES utilisées au cours de chaque période d'exploitation du programme FCHART. Puisque le fichier interne ne peut contenir que des données associées à un maximum de 10 localités, on ne peut utiliser plus de 10 numéros de localité dans toute instruction CITIES. L'utilisation de l'instruction CITIES entraîne l'élimination par écriture du contenu du fichier interne; toute localité qui ne faisait pas partie de la dernière instruction CITIES utilisée ne sera pas disponible.

7.2.2 Choix d'une municipalité

Pour pouvoir utiliser une municipalité autre que la municipalité assumée par défaut, il faut spécifier le numéro

de cette municipalité en tapant l'instruction RUN:

exemple: RUN 90

Ici, 90 est le numéro de Whitehorse et 90 avait déjà été placé dans la banque de données interne à l'aide de

CITIES 90

7.3 Modification du contenu de la banque de données interne

Il est possible de modifier le contenu de la banque de données interne en utilisant CHANGE ou ENTER. Pour modifier les valeurs de radiation solaire, de température ambiante ou de degrés-jours, on utiliserait une des instructions CHANGE suivantes:

CHANGE SOLAR "numéro de localité"

CHANGE TAMB "numéro de localité"

CHANGE DDAYS "numéro de localité"

Si l'utilisateur tape une des instructions CHANGE sus-mentionnées, FCHART lui demande de fournir les nouvelles données pour la localité en question. Les questions qui sont alors posées font partie de la série de questions traitées ci-dessous, dans le cadre d'un exemple d'introduction de données.

Pour ajouter une nouvelle localité à la banque de données, il suffit d'utiliser l'instruction

ENTER

Un nouveau numéro de localité sera réservé et le programme demandera le nom de la localité, sa latitude, etc., toujours dans le système d'unités alors utilisé. L'exemple suivant illustre ceci. Les numéros de localité pour les localités fournies par l'utilisateur sont donnés à partir de 501. Puisque la banque

de données interne ne peut contenir des données que pour un maximum de 10 localités, on ne peut utiliser l'instruction ENTER si la banque de données comporte déjà les données de 10 localités. Pour réduire le nombre de localités dans la banque de données interne, il faut utiliser l'instruction CITIES suivie des numéros de localité à ne pas éliminer.

Supposons que vous désirez concevoir une installation de chauffage d'eau domestique pour une résidente de Madison (Wisconsin). Les données météorologiques pour Madison n'étant pas disponibles dans la banque de données interne utilisée, vous devez y introduire la latitude, les données associées aux radiations et la température ambiante, ainsi que le nom de la municipalité. Les charges de chauffage des pièces n'étant pas considérées, les données de degrés-jours de chauffage ne sont pas nécessaires.

Avant d'introduire ces données, il faut vous assurer qu'il y a de l'espace dans la banque de données interne pour y introduire les données associées à une localité additionnelle. Pour ce faire, on tape CITIES suivi d'un nombre de numéros de localité inférieur à 10. Ottawa (Ontario) et Montréal (Québec) possédant des climats semblables à celui de Madison, vous voudriez peut-être utiliser ces municipalités à des fins de comparaison. Pour éliminer de la banque de données interne toutes les localités, à l'exception de ces deux villes canadiennes, on utilise:

```
CITIES 53 47
```

Les sous-programmes "données météorologiques" vous demandent ensuite de leur fournir les données pertinentes dans le système d'unités alors utilisé. Si vous désirez vous servir de cet exemple et que vous utilisez le système anglais d'unités, vous devez passer au SI en tapant UNITS. Une fois les données introduites, vous pouvez revenir au système anglais et les données météorologiques seront automatiquement converties. Maintenant, il faut taper ENTER pour introduire les données associées à Madison (Wisconsin). Le premier message fourni par le programme est le suivant:

TYPE IN CITY NAME (18 CHARACTERS MAXIMUM)

Les 18 premiers caractères tapés seront utilisés dans le tableau de résultats et la liste de données pour identifier vos données. Puisqu'il s'agit des premières données introduites à la suite de la dernière instruction CITIES, le numéro de localité est 501. Les données subséquentes introduites par l'utilisateur porteront les numéros 502, 503, et ainsi de suite. La réponse à la demande de FCHART est

MADISON WI

Pour que vous puissiez vous assurer que le programme a bien compris le nom de la localité, la question suivante vous est posée:

RELIST LAST INPUT?

Il faut répondre YES ou NO. Si vous répondez YES, vous obtenez une copie de ce que vous avez tapé et pouvez alors retaper ce que vous voulez s'il y a erreur. La réponse NO signifie que vous voulez poursuivre sans obtenir de copie du nom de ville

fourni. Supposons que vous n'avez pas mal épelé Madison, tapez

NO

On vous donne ensuite le message suivant:

TYPE IN LATITUDE

La latitude de Madison est de 43,13 degrés, alors vous tapez:

43,13

En réponse à la question

RELIST LAST INPUT ?

vous répondez YES et obtenez

LATITUDE IS 43,13

TRY AGAIN ?

La question TRY AGAIN? demande YES ou NO comme réponse. Avec YES, on vous demandera de fournir la latitude à nouveau. Répondre NO pour poursuivre.

Il y a deux questions associées à l'introduction de données sur les radiations solaires. La première est

DO YOU WISH TO ENTER TILTED SURFACE DATA ?

Si vous répondez YES, on vous demandera de donner la pente et l'azimuth associés à vos données. Pour introduire des données associées au plan horizontal pour Madison, répondre NO. Vous obtenez alors le message suivant:

ENTER 12 VALUES OF MONTHLY AVERAGE DAILY RADIATION
IN KJ/M2-DAY, JANUARY FIRST

Dans le système anglais d'unités, il s'agit de BTU/FT2-DAY. Les données pour Madison dans le SI, en commençant par janvier, sont les suivantes:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5847 | 9125 | 12892 | 15870 | 19784 | 22107 |
| 21953 | 19385 | 14747 | 10338 | 5722 | 4414 |

Vous pouvez utiliser un nombre de lignes quelconque pour taper ces valeurs. Comme pour le nom de la localité et sa latitude, vous avez encore la possibilité de revoir ce que vous avez tapé. À vous d'en profiter si vous le désirez.

Pour introduire les données de degrés-jours et de température ambiante, on procède de la même façon que pour l'introduction des données de radiation. On vous demande de fournir 12 valeurs mensuelles et on vous offre la possibilité de vérifier les valeurs fournies. Si vous choisissez de vérifier vos valeurs, vous avez la possibilité d'introduire encore ces données. Si jamais vous découvrez plus tard une erreur, vous pourrez alors réintroduire des données à l'aide de l'instruction CHANGE. La question associée aux valeurs de degrés-jours est la suivante:

```
ENTER 12 VALUES OF MONTHLY AVERAGE DEGREE-C DAYS
JANUARY FIRST
```

Puisque ces valeurs ne seront pas utilisées pour Madison dans l'analyse du chauffage de l'eau domestique, on tape

```
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
```

Pour la température ambiante, la question est:

```
ENTER 12 VALUES OF MONTHLY AVERAGE AMBIENT TEMP.
IN DEG. C, JANUARY FIRST
```

À Madison, les températures ambiantes sont les suivantes:

```
-7  -6  0  7  13  19  21  20  15  10  1  -5
```

Si vous répondez à la question

```
RELIST LAST INPUT ?
```

ou à la question

```
TRY AGAIN ?
```

par un NO, vous obtenez le message typique de FCHART

?

Ceci indique que l'opération d'introduction de données est terminée et qu'une nouvelle instruction de programme est nécessaire. Vous pouvez, si vous le désirez, obtenir une liste des données que vous avez fournies. Pour ce faire, utilisez

LIST DATA 501

## 7.4 Comment conserver et obtenir le contenu de la banque de données interne

Les instructions KEEP et GET peuvent être utilisées pour mettre en mémoire les données que vous avez introduites dans la mémoire secondaire (disque magnétique) et les obtenir plus tard. On traite de ces instructions au chapitre 9. Pour transférer le contenu de la banque de données interne à l'"unité logique" (numéro de fichier) 25, il suffit d'utiliser

KEEP DATA 25

Les données conservées à l'aide de l'instruction KEEP peuvent être relues en utilisant l'instruction

GET DATA 25

Il est important de noter que l'instruction KEEP a pour effet d'éliminer par écriture le contenu du fichier.

# CHAPITRE 8

## THERMOPOMPES ET DONNÉES ASSOCIÉES AUX THERMOPOMPES

Lorsque vous choisissez une thermopompe comme élément de transfert ou auxiliaire de chauffage de pièces, votre liste de paramètres comprendra un "numéro de thermopompe". Les numéros de thermopompe réfèrent à des ensembles de données sur les thermopompes qui font partie de la banque de données pour les thermopompes. Il est possible de mettre en mémoire les données des performances de 5 thermopompes ou moins dans la banque de données. Des instructions ont été prévues pour énumérer, introduire et modifier les données sur les thermopompes, et pour transcrire ces données dans la mémoire secondaire (bande ou disque magnétique) ou les en extraire.

Pour identifier et caractériser chaque thermopompe, on utilise les données suivantes:

Numéro et nom de thermopompe

Systèmes d'unités pour les données (SI, anglais ou mixte)

Nombre de points de données

Points de données, chacun constitué de
- Température d'évaporateur
- Taux d'absorption d'énergie
- Capacité
- Travail

Les caractéristiques de fonctionnement d'une thermopompe à une température d'admission au condenseur fixe sont décrites par une série de points de données. Chaque point de données donne le taux auquel l'énergie est absorbée, le taux auquel

l'énergie est fournie (capacité) et le travail électrique nécessaire à une température d'admission donnée à l'évaporateur de la thermopompe. Il faut utiliser au moins 2 mais pas plus de 20 points de données pour chaque thermopompe. Lorsque la température de l'évaporateur de la thermopompe se situe entre deux points de données, les taux d'énergie sont établis par interpolation linéaire. Les caractéristiques d'une thermopompe air-air de 3 tonnes sont fournies en tant que caractéristiques assumées par défaut comme ensemble n° 1 de données sur les thermopompes. Les données assumées par défaut pour la thermopompe n° 2 sont celles d'une thermopompe eau-air de 3 tonnes.

8.1 Énumération des données sur les thermopompes

Pour avoir une liste des numéros et noms des thermopompes constituant la banque de données pour les thermopompes, on utilise l'instruction:

LIST HPDATA

Pour obtenir les données associées à une thermopompe spécifique, on utilise:

LIST HPDATA "numéro de thermopompe"

Par exemple, pour avoir les données en mémoire associées à la thermopompe n° 1, taper

LIST HPDATA 1

8.2 Introduction de données associées aux thermopompes

L'instruction HPDATA sert à introduire de nouvelles données sur les thermopompes. Une fois HPDATA tapé, FCHART demande de lui fournir le numéro de thermopompe, son nom, le système d'unités utilisé, et ainsi de suite. Puisque la banque

de données pour thermopompes ne peut être utilisée que pour cinq thermopompes, le numéro de la thermopompe doit se situer entre 1 et 5. Si vous spécifiez un numéro qui correspond à un numéro pour lequel des données sont déjà en mémoire, les données en mémoire seront éliminées par écriture; seules les nouvelles données seront disponibles.

8.2.1 Exemple

Cet exemple permet d'illustrer comment utiliser HPDATA pour introduire des données associées à une thermopompe air-air Lennox de 3 tonnes. Pour commencer, on tape

HPDATA

Le message suivant apparaît

ENTER HP DATA SET NUMBER AND NAME (20 CHARACTERS MAXIMUM).

Pour ne pas éliminer les ensembles de données des thermopompes utilisées par défaut, il faut introduire ces nouvelles données en tant qu'ensemble de données pour thermopompes n° 3. La réponse est donc

3 LENNOX AIR-TO-AIR

La question suivante est

WHICH UNITS WOULD YOU LIKE TO USE (SI,ENG,MIXED)?

Puisque les données disponibles sont en SI, répondre SI. Les taux d'énergie sont exprimés en watts dans le SI et en BTU/h dans le système anglais d'unités. Le système "mixte" d'unités comporte des BTU/h pour l'énergie absorbée et la capacité et des watts pour le travail effectué par le compresseur. La question suivante a trait au nombre de points de données

utilisés pour décrire la thermopompe.

HOW MANY EVAPORATOR TEMPERATURE DATA POINTS
WILL BE ENTERED (UP TO 20 ALLOWED)?

On utilisera 6 points de données dans cet exemple. Après avoir répondu 6, vous avez la possibilité de revoir les données introduites jusqu'à présent:

RELIST HEAT PUMP DATA SET INFORMATION?

Si vous croyez avoir fait une erreur ou n'avez pas trop confiance aux ordinateurs, répondre YES. Si vous répondez YES, on vous demandera "TRY AGAIN?". Ceci signifie "aimeriez-vous introduire à nouveau les données associées à la thermopompe?"; il faut répondre par YES ou NO. Si vous répondez par NO, vous obtenez:

ENTER HEAT PUMP DATA POINTS IN THE FOLLOWING SEQUENCE,
WITH EVAPORATOR TEMPERATURES IN ASCENDING ORDER:

| EVAP. TEMP. (DEG C) | ABSORBED ENERGY (WATTS) | CAPACITY (WATTS) | COMP. WORK (WATTS) |
|---|---|---|---|

Ces titres indiquent l'ordre dans lequel il faut introduire les taux d'énergie constituant chaque point de données. Les points de données pour la thermopompe Lennox de notre exemple sont:

| | | | |
|---|---|---|---|
| -20 | 810 | 3600 | 2790 |
| -10 | 2250 | 5700 | 3450 |
| 0 | 4110 | 8220 | 4110 |
| 5 | 5540 | 9900 | 4360 |
| 10 | 7060 | 11760 | 4700 |
| 20 | 8790 | 14280 | 5490 |

Le premier point de données, par exemple, signifie que si la température de l'évaporateur et de -20 degrés C, l'énergie absorbée, lorsque la pompe fonctionne, le sera à un taux de 810 watts; elle sera fournie aux pièces chauffées à un taux de 3 600 watts et la thermopompe demandera qu'on lui fournisse

un travail à un taux de 2 790 watts. Une fois les points de données fournis à FCHART, celui-ci répond par la question:

RELIST HEAT PUMP DATA ?

cette question demande de répondre par YES ou NO et vous offre la possibilité d'obtenir la liste des données de thermopompe déjà introduites. Si vous répondez par YES, on vous pose la question:

WOULD YOU LIKE TO MAKE ANY CHANGES?

Pour modifier le travail fait par la thermopompe dans le premier point de données et lui donner une valeur de 3000 par exemple, vous répondez YES. Ensuite, on vous dit:

ENTER DATA POINT NUMBER AND NEW VALUES

Vous répondez:

1 -20 810 3600 3000

Après avoir effectué toutes les modifications, vous répondez NO à la question finale:

ANY MORE CHANGES?

Vous obtenez ensuite le message habituel de FCHART:

?

et pouvez utiliser LIST HPDATA 3 pour avoir une liste des nouvelles données de thermopompe ou utiliser toute autre instruction à votre guise.

## 8.3 Modification des données sur les thermopompes

Les différents points de données des ensembles de données portant sur les performances des thermopompes peuvent être modifiés à l'aide de l'instruction CHANGE. Pour modifier les données associées à n'importe quelle thermopompe, on utilise

l'instruction suivante:

CHANGE HPDATA "numéro de thermopompe"

On vous demande ensuite de fournir le numéro du point de données à modifier et la valeur désirée:

ENTER DATA POINT NUMBER AND NEW VALUES

Un exemple de réponse a été donné à la section précédente; les points de données sont modifiés de la même façon, que les données soient nouvelles ou non.

## 8.4 Comment conserver et obtenir des données associées aux thermopompes

Les instructions KEEP et GET sont utilisées pour transférer les données introduites dans la mémoire secondaire (disque magnétique) et les en extraire plus tard. Ces instructions sont décrites en détails au chapitre 9. Pour transférer les 5 ensembles de données sur les thermopompes dans un dispositif d'emmagasinement accessible en tant que "module logique" n° 30 ("numéro de fichier"), il suffit de taper:

KEEP HPDATA 30

Les données conservées en utilisant KEEPpeuvent être obtenues par la suite en utilisant:

GET HPDATA 30

# CHAPITRE 9

## UTILISATION DE FICHIERS AVEC FCHART (KEEP ET GET)

FCHART étant un programme conçu pour être utilisé efficacement dans le mode interactif, la plupart des introductions de données associées à des installations sont effectuées à l'aide d'un terminal interactif. De façon générale, l'utilisateur fournit des données en réponse à des questions, sans emmagasiner ces données pour pouvoir les réutiliser plus tard. L'instruction KEEP permet de conserver ces données dans une mémoire secondaire; l'instruction associée GET permet de les extraire au besoin. Ces deux instructions permettent donc de conserver des données associées aux installations afin de les utiliser à une date ultérieure. Elles sont également utiles pour passer d'une description d'installation à une autre, d'un ensemble de données météorologiques à un autre, de données d'optimalisation à d'autres ou de données de performances de thermopompes à d'autres, au cours d'une même séance d'utilisation du programme.

Les instructions KEEP et GET doivent être accompagnées d'un "numéro de fichier" (également appelé "numéro d'unité logique") pour être complètes. Les numéros ainsi fournis sont utilisés dans le cadre d'énoncés FORTRAN READ et WRITE pour obtenir des données de la mémoire secondaire (disque magnétique) ou en introduire. Pour le moment, un "numéro de fichier" est assigné à chacun des groupes de données à conserver dans la mémoire secondaire (disque magnétique) ou à l'en extraire.

La modification de ces numéros ou l'addition de nouveaux numéros nécessitant la préparation de nouvelles méthodes d'exploitation pour les différents bureaux de service, les utilisateurs sont priés de communiquer avec leurs agents techniques respectifs pour avoir plus de détails.

On peut utiliser quatre instructions KEEP et quatre instructions GET avec des numéros de fichier réservés:

```
KEEP 20
KEEP DATA 25
KEEP HPDATA 30
KEEP OPDATA 35

GET 20
GET DATA 25
GET HPDATA 30
GET OPDATA 35
```

Chaque instruction KEEP permet d'inscrire des données dans le fichier identifié. Toutefois, l'instruction KEEP entraîne l'élimination par écriture du contenu du fichier. Il faut donc utiliser un fichier distinct pour chaque ensemble de données à conserver. Pour conserver par exemple des données météorologiques et des données sur les thermopompes, il faut utiliser deux emplacements d'emmagasinement.

La première instruction KEEP permet d'inscrire une description d'installation, des valeurs de paramètres et des coûts de combustible au fichier qui est identifié. Ces données peuvent être extraites en utilisant la première des instructions

GET.

La seconde instruction KEEP, KEEP DATA, est utilisée pour transférer le contenu de la "banque de données météorologiques interne" (chapitre 7) dans la mémoire secondaire. Ceci sert surtout lorsque la banque de données interne contient des données fournies par l'utilisateur. La seconde des instructions GET, GET DATA, est utilisée pour extraire le contenu d'un fichier qui a été établi à l'aide de KEEP DATA.

La troisème forme d'instruction KEEP, KEEP HPDATA, permet d'emmagasiner le contenu de la banque de données pour thermopompes (voir le chapitre 8) à l'emplacement de mémoire indiqué. Puisque la banque de données pour thermopompes ne peut comporter que des données pour 5 thermopompes, cette instruction devient très utile lorsqu'il faut tenir compte d'un plus grand nombre de thermopompes. Elle permet également de ne pas avoir à fournir à l'aide du clavier les mêmes données de thermopompes à différentes reprises. GET HPDATA sert à extraire ces données de thermopompes.

Les dernières instructions, KEEP OPDATA et GET OPDATA, permettent de conserver et d'extraire des données d'optimalisation (chapitre 4). On les utilise de la même façon que les autres instructions KEEP et GET.

Exemples

(1) Pour conserver une description d'installation, des valeurs de paramètres et des coûts de combustible dans un fichier désigné comme "unité logique" n° 20, on tape:

```
KEEP 20
```

Ces données pourront être extraites plus tard, pourvu que le fichier 20 existe toujours, en utilisant:

GET 20

(2) Après avoir fourni des données de performances de thermopompes, il est fort probable que vous voudrez les conserver pour les utiliser à une date ultérieure. Si la mémoire secondaire comporte un emplacement libre identifié comme fichier n° 30, vous pouvez conserver ces données à l'aide de:

KEEP HPDATA 30

Plus tard, lorsque vous utiliserez à nouveau FCHART, vous pourrez transférer ces données dans le programme en utilisant:

GET HPDATA 30

# SECTION 3 - MÉTHODES D'ANALYSE THERMIQUE

# CHAPITRE 10

## ANALYSE DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ACTIF À L'ÉNERGIE SOLAIRE

FCHART permet d'utiliser diverses méthodes pour prédire les performances des installations de chauffage actif à l'énergie solaire. Quelle que soit la méthode utilisée, les performances des installations sont évaluées à intervalles d'un mois, à partir des caractéristiques de l'équipement prévu et des données météorologiques. Dans ce chapitre, nous traiterons brièvement de ces méthodes de conception et des hypothèses et limites de validité qui leur sont associées. Le chapitre comporte quatre sections. À la première, il est question de la détermination des paramètres de collecteur et données météorologiques nécessaires aux méthodes de conception. A la deuxième et à la troisième sections, les méthodes de conception pour les installations de chauffage à air et à substance liquide à l'énergie solaire sontdécrites. La quatrième section traite des charges et de la consommation en énergie d'appoint.

### 10.1 Paramètres de collecteur et introduction de données

Les méthodes de conception pour les systèmes de chauffage à air et à substance liquide à l'énergie solaire exigent que l'utilisateur fournisse des paramètres de collecteur et des moyennes mensuelles de données météorologiques à l'ordinateur. Les caractéristiques de collecteur établies dans le cadre d'essais doivent être modifiées pour tenir compte des variations de méthodes d'essai, d'angle d'incidence de radiation

et de mauvais rendement de transport d'énergie du collecteur au dispositif d'emmagasinement. La quantité mensuelle de radiation incidente et la fraction de cette radiation qui est utile aux collecteurs thermiques constituent des valeurs essentielles qui sont calculées en fonction des valeurs mesurées et des paramètres du collecteur. Dans cette section, il sera question de la façon de préparer les valeurs fournies pour le collecteur, en vue de les utiliser dans le cadre des méthodes de conception en fonction de quantités connues.

10.1.1 Résultats d'essai de collecteurs

Résultats d'essai dans des conditions normalisées

Le taux de gain d'énergie utile, $\dot{Q}_u$, de plusieurs types de collecteur peut être représenté par l'équation de Hottel-Whillier (1):

$$\dot{Q}_u = F_R A_C [G_T(\tau\alpha) - U_L(T_i - T_a)] \qquad (10.1)$$

où

$A_C$ est la superficie du collecteur

$F_R$ est le facteur de rendement d'extraction de chaleur

$G_T$ est la quantité de radiation instantanée incidente à la surface du collecteur (par unité de superficie)

$(\tau\alpha)$ est le produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption (rendement optique pour concentrateurs)

$U_L$ est le coefficient de pertes du collecteur

$T_i$ est la température d'admission au collecteur

$T_a$ est la température ambiante.

L'équation 10.1 peut être réécrite en termes du rendement $\eta$:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_C G_T} = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{G_T} \qquad (10.2)$$

Les résultats des essais sur collecteurs de l'ASHRAE (2) sont fournis sous forme de droites de $\eta$ fonction de $(T_i - T_a)/G_T)$ de pente égale à $-F_R U_L$ et de point d'interception de l'axe des ordonnés égal à $F_R(\tau\alpha)$. Les essais sont effectués le midi par temps clair de façon à avoir un produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption qui correspond sensiblement à la valeur à incidence normale, $(\tau\alpha)_n$. Les paramètres de collecteur $F_R(\tau\alpha)_n$ et $F_R U_L$ sont spécifiés par l'utilisateur de FCHART. À la section 10.3, on traite de la façon de tenir compte des variations de $F_R(\tau\alpha)$ pour des angles d'incidence autres que des angles d'incidence normale. On suppose que le paramètre $F_R U_L$ est constant.

Modifications apportées par l'utilisateur pour tenir compte de conditions d'essai différentes

Les résultats d'essais thermiques peuvent être présentés autrement qu'à l'aide de courbes $\eta$ fonction de $(T_i - T_a)/G_T$. Comme autre façon courante de présenter ces résultats, on porte sur graphique la valeur de $\eta$ fonction de $(T_{av} - T_a)/G_T$, où $T_{av}$ est la moyenne des températures d'admission et de sortie du collecteur. Dans ce cas, l'équation de la droite de rendement est la suivante:

$$\eta = a - b\frac{(T_{av} - T_a)}{G_T} \qquad (10.3)$$

La valeur du point d'interception de l'axe des ordonnés a et celle de la pente b peuvent être modifiées pour obtenir $F_R(\tau\alpha)_n$ et $F_R U_L$:

$$F_R(\tau\alpha)_n = a\frac{\dot{m}Cp/A_c}{\dot{m}Cp/A_c + b/2} \qquad (10.4)$$

$$F_R U_L = b\,\frac{\dot{m}C_p/A_c}{\dot{m}Cp/A_c + b/2} \qquad (10.5)$$

où $\dot{m}Cp$ est le taux de capacité du fluide utilisé pour le transport d'énergie.

Les résultats d'essai pour le chauffage à air sont parfois présentés sous forme de courbes de $\eta$ fonction de $(T_o - T_a)/G_T$, où $T_o$ est la température à la sortie du collecteur. Le point d'interception de l'axe des ordonnés a' et la pente b' de ces courbes peuvent être transformés en termes de paramètres standards de la façon suivante:

$$F_R(\tau\alpha)_n = a'\,\frac{\dot{m}Cp/A_c}{\dot{m}Cp/A_c + b'} \qquad (10.6)$$

$$F_R U_L = b'\,\frac{\dot{m}Cp/A_c}{\dot{m}Cp/A_c + b'} \qquad (10.7)$$

Si on compte utiliser un collecteur à substance liquide à un débit autre que celui qui correspond aux conditions d'essai pour lesquelles on a mesuré les rendements, il faut corriger $F_R(\tau\alpha)_n$ et $F_R U_L$ de la façon suivante:

$$F_R(\tau\alpha)_n|_{utilisé} = F_R(\tau\alpha)_n|_{essai}\,\frac{r|_{utilisé}}{r|_{essai}} \qquad (10.8)$$

$$F_R U_L|_{utilisé} = F_R U_L|_{essai}\,\frac{r|_{utilisé}}{r|_{essai}} \qquad (10.9)$$

avec la valeur de r donnée par la relation:

$$r = \frac{\dot{m}Cp}{A_c F' U_L}\,[1 - \exp(A_c F' U_L/(\dot{m}Cp))] \qquad (10.10)$$

où F' est le coefficient de rendement du collecteur.

Pour pouvoir utiliser les équations (10.8) et (10.9), il faut évaluer $F'U_L$. Pour les conditions d'essai, $F'U_L$ peut être calculé à partir de $F_RU_L$ en utilisant la relation suivante:

$$F'U_L = \frac{\dot{m}Cp}{A_c} \ln \left(1 - \frac{F_RU_LA_c}{\dot{m}Cp}\right) \qquad (10.11)$$

Cette façon de procéder ne tient pas compte des modifications en F' lorsque l'on passe des conditions d'essai aux conditions d'utilisation sur place et ne fonctionne pas très bien pour les collecteurs à air.

10.1.2 Coefficient d'utilisation

Par coefficient d'utilisation, on entend un paramètre statistique météorologique défini comme la fraction de la quantité de radiation incidente sur une surface au cours d'une période de temps spécifiée qui est supérieure à un seuil donné. La moyenne mensuelle du coefficient d'utilisation constitue un paramètre qui est essentiel aux méthodes de conception pour les installations solaires à substance liquide des sections 10.2.1 et 10.2.2. Pour les collecteurs à plaque unie et les collecteurs concentrateurs, on utilise, dans FCHART, deux corrélations à des moyennes de coefficient d'utilisation mensuel.

Collecteurs à plaque unie

Pour les collecteurs à plaque unie, Klein (3) définit, comme coefficient d'utilisation moyen mensuel, la fraction de quantité de radiation incidente sur une surface de collecteur pendant un mois qui est supérieure à un seuil critique fixe. On a donc:

$$\bar{\phi} = \frac{\int^{\text{mois}} (G_T - G_c)^+ \, dt}{\bar{H}_T N} \qquad (10.12)$$

où

$\bar{\phi}$ est le coefficient d'utilisation moyen mensuel basé sur la quantité totale de radiation incidente

$\bar{H}_T$ est la quantité moyenne de radiation quotidienne établie sur un mois, qui arrive à la surface du collecteur

N est le nombre de jours dans le mois

$G_c$ est le seuil critique correspondant à la quantité de radiation nécessaire pour avoir un captage d'énergie utile net sur une base instantanée.

L'indice supérieur + signifie que seules les valeurs positives sont utilisées pour évaluer l'intégrale.

À partir de l'équation de Hottel-Whillier, on peut démontrer que le seuil nécessaire au captage net d'énergie est donné par la relation suivante:

$$G_c = \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{F_R(\tau\alpha)} \qquad (10.13)$$

Pour un seuil critique constant ou moyenne de seuil critique établie de façon convenable, le gain mensuel d'énergie utile d'un collecteur à plaque unie est obtenu de la relation suivante:

$$Q_u = A_c F_R(\overline{\tau\alpha}) H_T N \qquad (10.14)$$

où $F_R(\overline{\tau\alpha})$ est la valeur d'interception de l'axe des ordonnés du rendement du collecteur corrigée pour incidence de radiation solaire non normale, tel que décrit à la section 10.1.4.

Klein, à partir de résultats antérieurs de Whillier (4) et de Liu et Jordan (5), a établi une corrélation pour $\bar{\phi}$ pour les surfaces faisant face au sud, corrélation qui fut utilisée dans FCHART 4.0. Une méthode plus générale, valable pour n'importe quelle orientation, consiste à déterminer $\bar{\phi}$ à partir du coefficient horaire d'utilisation; cette méthode est décrite par Clark (6). Elle fera partie des versions 4.1 et autres de FCHART.

La température ambiante utilisée pour déterminer le seuil critique à l'aide de l'équation 10.13 est la moyenne mensuelle de la température ambiante quotidienne. Comme moyenne, FCHART utilise l'intégrale d'une valeur de corrélation pour la variation diurne moyenne de température à longue échéance (7) sur les heures pendant lesquelles il fait jour.

Collecteurs concentrateurs

Collares-Pereira et Rabl (8) définissent, comme coefficient d'utilisation moyen mensuel, la fraction de la quantité de radiation solaire incidente sur une surface qui est supérieure à un seuil critique fixe au cours de la période d'utilisation du collecteur dans le mois. Pour une moyenne de seuil critique bien établie, l'énergie utile captée est donnée par la relation suivante:

$$Q_u = A_c F_R (\overline{\tau\alpha}) \bar{H}_{COLL} \phi_R N \qquad (10.15)$$

où

$\phi_R$ est le coefficient d'utilisation moyen mensuel basé sur la quantité de radiation incidente lorsque le collecteur fonctionne

$\overline{H}_{COLL}$ est la moyenne mensuelle de la quantité quotidienne de radiation incidente sur la superficie de l'ouverture du collecteur lorsqu'il fonctionne.

Collares-Pereira et Rabl ont établi des relations pour $\overline{H}_{COLL}$ et $\phi_R$ pour les collecteurs à plaque unie, les concentrateurs à ouverture fixe, et les concentrateurs orientables sur un axe et deux axes. Leurs expressions pour concentrateurs sont utilisées dans FCHART. Toutefois, le coefficient d'utilisation moyen mensuel est redéfini de la façon suivante à partir de la quantité totale de radiation incidente sur le collecteur:

$$\overline{\phi} = \phi_R \overline{H}_{COLL} / \overline{H}_T \qquad (10.16)$$

10.1.3 Évaluation de $\overline{H}_T$

La moyenne mensuelle de la quantité quotidienne de radiation incidente par unité de superficie sur une surface inclinée est donnée par la relation:

$$\overline{H}_T = \overline{R} \cdot \overline{H} \qquad (10.17)$$

où

$\overline{R}$ est le rapport de la quantité de radiation sur une surface inclinée à la quantité sur une surface horizontale pour une journée moyenne

$\overline{H}$ est la moyenne mensuelle de la quantité quotidienne de radiation sur une surface horizontale.

En supposant que la radiation diffuse et la radiation réfléchie par le sol sont isotropes, la relation qui permet d'avoir $\overline{R}$ est la suivante;

$$\bar{R} = \frac{\int [G_b R_b + G_d(\frac{1+\cos\beta}{2}) + \rho(\frac{1-\cos\beta}{2})]dt}{\int G dt} \qquad (10.18)$$

où

$\beta$ est la pente du collecteur

$\rho$ est le coefficient de réflexion du sol

G est la quantité totale de radiation horizontale instantanée

$G_b$ est la composante de faisceau de la radiation instantanée sur une surface horizontale

$G_d$ est la composante diffuse de la radiation horizontale instantanée

$R_b$ est le rapport de la quantité de radiation de faisceau instantanée sur une surface inclinée à celle sur une surface horizontale.

Le facteur $\bar{R}$ est est établi par FCHART en évaluant l'équation (10.18) sur une journée moyenne par intégration numérique. Des relations statistiques basées sur la longueur du jour, la quantité moyenne de radiation quotidienne horizontale et la quantité moyenne mensuelle de la fraction de radiation diffuse, sont utilisées pour évaluer les valeurs instantanées des quantités des radiations horizontale de faisceau et diffuse. La fraction moyenne mensuelle de radiation diffuse $\bar{H}d/\bar{H}$ est calculée en utilisant une relation de corrélation établie par Erbs (9). La relation pour $R_b$ est la suivante:

$$R_b = \cos\theta/\cos\theta_z \qquad (10.19)$$

où

$\theta$ est l'angle d'incidence pour la radiation de faisceau

$\theta_z$ est l'angle du zénith; l'angle d'incidence pour une surface horizontale

La façon de déterminer $\theta$ et $\theta_z$ est décrite dans le Solar Engineering of Thermal Processes (10). Cette publication comporte également un bon sommaire de l'évaluation de quantités de radiation horaires à partir de données quotidiennes.

10.1.4 Évaluation de $F_R(\overline{\tau\alpha})$

En termes de la valeur du point d'interception de l'axe des ordonnés par la courbe de rendement du collecteur, le produit du coefficient de rendement d'extraction de chaleur du collecteur et du produit moyen mensuel coefficient de transmission-coefficient d'absorption est établi à l'aide de la relation suivante:

$$F_R(\overline{\tau\alpha}) = F_R(\tau\alpha)_n \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \qquad (10.20)$$

où

$(\overline{\tau\alpha})/(\tau\alpha)_n$ est le rapport de la moyenne mensuelle du produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption au produit coefficient de transmission-coefficient de transmission à incidence normale.

La moyenne mensuelle du produit coefficient de transmission-coefficient d'absorption d'un collecteur est le rapport de la quantité totale mensuelle de radiation absorbée par la surface du collecteur à la quantité de radiation incidente. Par conséquent:

$$\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} = \frac{\int_{\text{mois}} [G_b R_b \cdot \frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n} + G_d F_{sky} \frac{(\tau\alpha)_d}{(\tau\alpha)_n} + \rho G F_{gnd} \frac{(\tau\alpha)_r}{(\tau\alpha)_n}] dt}{\overline{H}_T N} \qquad (10.21$$

où

$\frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n}$, $\frac{(\tau\alpha)_d}{(\tau\alpha)_n}$, $\frac{(\tau\alpha)_r}{(\tau\alpha)_n}$ s'appliquent aux radiations de faisceau, diffuse et réfléchie respectivement

$F_{sky}$, $F_{gnd}$ sont les coefficients de vision du récepteur au ciel et au sol respectivement.

Les paramètres $(\tau\alpha)_d/(\tau\alpha)_n$, $(\tau\alpha)_r/(\tau\alpha)_n$, $F_{sky}$, $F_{gnd}$ et $\rho$ sont supposés constants; l'équation (10.21) devient donc:

$$\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} = \frac{\int^{\text{mois}} G_b R_b \frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n}}{\bar{H}_T N} + \frac{\bar{H}_d}{\bar{R}.\bar{H}} F_{sky} \frac{(\tau\alpha)_d}{(\tau\alpha)_n} + \frac{\rho}{\bar{R}} F_{gnd} \frac{(\tau\alpha)_r}{(\tau\alpha)_n} \quad (10.22)$$

Le premier terme de l'équation (10.22) est évalué par intégration numérique sur une journée moyenne du mois, tel que suggéré par Klein (11). Les équations pour les rapports coefficient de transmission-coefficient d'absorption de radiation de faisceau, de radiation diffuse et de radiation réfléchie par le sol et les coefficients de vision du récepteur vers le ciel et vers le sol dépendent du type de collecteur, tel qu'expliqué ci-dessous.
Le coefficient de réflexion du sol est un paramètre de collecteur spécifié par l'utilisateur qui peut varier de mois en mois.

Collecteurs à plaque unie

Selon les résultats d'essai de l'ASHRAE (2), on peut utiliser la relation approximative suivante pour la valeur $(\tau\alpha)_b/(\tau\alpha)_n$ des collecteurs à plaque unie:

$$\frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n} = 1 - b\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right) \quad (10.23)$$

où

$\theta$ est l'angle d'incidence

b est une constante

L'utilisateur spécifie une valeur de b comme paramètre de collecteur. L'équation (10.23) est utilisée lorsque b n'est pas nul. Si une valeur de b=0 est spécifiée, alors on utilise la relation suivante pour établir le rapport $(\tau\alpha)_b/(\tau\alpha)_n$:

$$\frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n} = \frac{\tau \cdot \alpha}{[1 - (1 - \alpha)]\rho_d} \cdot \frac{1}{(\tau\alpha)_n} \qquad (10.24)$$

où

$\tau$ est le coefficient de transmission du système de couvercles pour la radiation de faisceau

$\alpha$ est le coefficient d'absorption de la surface du collecteur

$\rho_d$ est le coefficient de réflexion du système de couvercles pour la radiation diffuse.

Le coefficient de transmission du système de couvercles pour la radiation de faisceau à un angle d'incidence connu est établi en calculant le coefficient de réflexion et le coefficient d'absorption des couvercles à l'aide de l'équation de Fresnel et de la loi de Bouger, tel que décrit dans Solar Engineering of Thermal Processes (10). La dépendance angulaire du coefficient d'absorption de la surface absorbante est établie à l'aide d'une courbe empirique basée sur les mesures de Hottel et Woertz (1) pour une surface noircie non sélective. Les quelques données que nous possédons semblent indiquer que les surfaces sélectives se comportent de façon analogue (12).

Pour les collecteurs à plaque unie, la valeur de $(\tau\alpha)_d/(\tau\alpha)_n$ est posée de façon approximative égale à la même valeur pour une radiation de faisceau incidente à un angle de 60 degrés (1, 13, 14). Le rapport des produits coefficient de transmission-coefficient d'absorption pour la radiation réfléchie par le sol peut être établi de façon analogue. On suppose que le sol agit comme surface de réflexion diffuse possédant un coefficeint de réflexion égal à $\rho$. À partir de ces hypothèses, Brandemuehl et Beckman (14) ont établi une corrélation pour l'angle moyen d'incidence, $\bar{\theta}_r$, pour lequel $(\tau\alpha)_r/(\tau\alpha)_n$ est égal à $(\tau\alpha)_b/(\tau\alpha)_n$:

$$\bar{\theta}_r = 89{,}8^\circ - 0{,}57883\beta + 0{,}002693\beta^2 \qquad (10.25)$$

Le facteur de vision du ciel pour les collecteurs à plaque unie est donné par la relation suivante:

$$F_{sky} = \frac{1 + \cos\beta}{2} \qquad (10.26)$$

tandis que la facteur de vision du sol est donné par cette relation:

$$F_{gnd} = \frac{1 - \cos\beta}{2} \qquad (10.27)$$

Collecteurs concentrateurs

Les résultats d'essai disponibles pour les collecteurs concentrateurs (15) indiquent que $(\tau\alpha)_b/(\tau\alpha)_n$ ne peut être obtenu à l'aide de l'équation (10.23). Il faut donc fournir des données pour les facteurs de modification d'angle d'incidence. Pour les collecteurs à orientation continue sur un axe, le soleil est toujours situé dans un plan qui passe par l'axe du collecteur

et qui est normal à l'ouverture du collecteur. Pour les CCP fixes, le facteur de modification d'angle d'incidence est supposé constant en ce qui a trait aux variations d'angle d'incidence dans un plan normal à l'axe du collecteur. Il s'agit fort probablement d'une bonne hypothèse pour les CCP possédant un demi-angle de réception inférieur à environ 20 degrés. Par conséquent, pour les collecteurs à formation d'image orientables selon un axe et les CCP, on suppose dans FCHART que les données de facteur de modification d'angle d'incidence sont fournies en fonction des variations d'angle d'incidence dans un plan qui passe par l'axe du collecteur et qui est normal à l'ouverture du collecteur. Pour les collecteurs orientables selon deux axes, on suppose toujours une incidence normale.

Pour les collecteurs à formation d'image, les radiations diffuse et réfléchie ont peu d'importance et on considère que $(\tau\alpha)_d$ et $(\tau\alpha)_r$ sont nuls. Pour les CCP, $(\tau\alpha)_r$ est supposé nul tandis que $(\tau\alpha)_d$ est établie de la façon indiquée dans Solar Engineering of Thermal Processes (10).

Le facteur de vision du ciel pour un CCP est donné par la relation suivante:

$$F_{sky} = \frac{\sin\theta_c + \min(\sin\theta_c, \cos\beta)}{2} \qquad (10.28)$$

où

$\theta_c$ est le demi-angle de réception du CCP.

### 10.1.5 Modification de $F_R U_L$ et $F_R(\tau\alpha)_n$ pour le dispositif de transport

On tient compte des trois dispositifs possibles de transport collecteur-dispositif d'emmagasinement en modifiant $F_R U_L$ et $F_R(\tau\alpha)_n$. Ceci s'avère possible puisque chacune de ces inefficacités de transport n'affecte que le captage d'énergie. Chaque influence négative fait que le collecteur se comporte comme s'il s'agissait d'un collecteur moins efficace.

#### Échangeur de chaleur collecteur-dispositif d'emmagasinement

Pour tenir compte de la présence d'un échangeur de chaleur entre le collecteur et le dispositif d'emmagasinement, $F_R U_L$ et $F_R(\tau\alpha)_n$ sont modifiés de la façon suivante:

$$F'_R U_L = F_R U_L \cdot \frac{F'_R}{F_R} \tag{10.29}$$

$$F'_R(\tau\alpha)_n = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \frac{F'_R}{F_R} \tag{10.30}$$

L'expression analytique du facteur $F'_R/F_R$ a été dérivée par deWinter (16); il s'agit de la suivante:

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left\{1 + \left(\frac{A_c F_R U_L}{\dot{m}Cp}\right)\left(\frac{\dot{m}Cp}{\varepsilon C_{min}}\right) - 1\right\}^{-1} \tag{10.31}$$

où

$\dot{m}Cp$ est le taux de capacité à travers le collecteur

$\varepsilon C_{min}$ est le produit efficacité-taux de capacité minimal de l'échangeur de chaleur.

#### Pertes de chaleur dans les tuyaux ou conduites

Les pertes d'énergie dans les tuyaux ou conduites menant au collecteur ou provenant du collecteur peuvent être importantes. Beckman (17) a démontré que l'ensemble tuyaux ou conduites et collecteur solaire est équivalent, du point de vue comportement thermique, à un collecteur solaire possédant des valeurs différentes de $U_L$ et $(\tau\alpha)_n$. Les valeurs modifiées de $F_R U_L$ et $F_R(\tau\alpha)_n$ qui tiennent compte des pertes dans les tuyaux ou conduites sont les suivantes:

$$F_R U_L' = \frac{F_R U_L \left\{ 1 - \frac{(UA)_i}{\dot{m}Cp} + \frac{(UA)_i + (UA)_o}{A_c F_R U_L} \right\}}{1 - \frac{(UA)_o}{\dot{m}Cp}} \qquad (10.32)$$

$$F_R(\tau\alpha)_n' = F_R(\tau\alpha)_n / \left(1 + \frac{(UA)_o}{\dot{m}Cp}\right) \qquad (10.33)$$

où

$(UA)_i$, $(UA)_o$ sont les conductances pour les pertes de chaleur dans les tuyaux ou conduites d'admission et de sortie du collecteur.

Fuites dans les conduites

Pour les installations de chauffage à air, les paramètres du collecteur sont modifiés pour tenir compte de la pénétion d'air ambiant dans les conduites d'admission et de sortie du collecteur en utilisant une méthode mise au point par Jones (18). On suppose que le collecteur et son réseau de conduites sont soumis à une pression négative par rapport au milieu ambiant. Si toutes les fuites n'affectent que la conduite d'admission, $F_R(\tau\alpha)_n$ demeure inchangé et $F_R U_L$ devient:

$$F_R{}^*U_L = F_RU_L(1 - L_R) + L_R \cdot \frac{\dot{m}Cp}{A_c} \qquad (10.34)$$

où

$L_R$ est le rapport du débit de fuite au débit de sortie du collecteur.

Si les fuites d'air ne surviennent que dans la conduite de sortie, alors $F_RU_L$ et $F_R(\tau\alpha)_n$ sont modifiés de la façon suivante:

$$F_R{}^*U_L = F_RU_L \cdot \frac{F_R{}^*}{F_R} + L_R \cdot \frac{(\dot{m}CP)_c}{A_c} \qquad (10.35)$$

$$F_R{}^*(\tau\alpha)_n = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \frac{F_R{}^*}{F_R} \qquad (10.36)$$

avec $F_R{}^*/F_R$ donné par la relation suivante:

$$\frac{F_R{}^*}{F_R} = \frac{(1 - L_R)\dot{m}C_p}{A_cF_RU_L}\left[1 - \left(1 - \frac{A_cF_RU_L}{\dot{m}Cp}\right)^{\left(\frac{1}{1-L_R}\right)}\right] \qquad (10.37)$$

Si les fuites sont réparties également entre les conduites d'admission et de sortie, on utilise les expressions suivantes:

$$F_R{}^*U_L = F_RU_L \cdot \frac{F_R{}^*}{F_R} \cdot \frac{1-L_R}{1-\frac{L_R}{2}} + L_R\frac{\dot{m}Cp}{A_c} \qquad (10.38)$$

$$F_R{}^*(\tau\alpha)_n = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \frac{F_R{}^*}{F_R} \qquad (10.39)$$

où $F_R{}^*/F_R$ est évalué à l'aide de l'équation (10.37), sauf que $L_R/2$ remplace $L_R$.

## 10.2 Installations de chauffage à substance liquide comme moyen de transport

La méthode du graphique $\bar{\phi}$,f est utilisée dans FCHART pour établir les performances thermiques des installations de chauffage à substance liquide à l'énergie solaire. Cette méthode a été mise au point à l'origine pour des installations en circuit fermé dans lesquelles la charge est caractérisée par un seul minimum de température utile, $T_{min}$ (19, 20). Pour ces installations, de façon générale, toute température supérieure à $T_{min}$ suffit pour satisfaire à une bonne fraction de la charge. La méthode a été récemment améliorée pour pouvoir l'appliquer aux installations en circuit ouvert dans lesquelles la charge est caractérisée par deux températures, la température d'appoint (ou température de l'eau du réseau) et la température de réglage (21). Cette méthode du graphique $\bar{\phi}$,f améliorée est très générale pour les installations en circuit fermé et en circuit ouvert. Pour les installations de chauffage des pièces, la méthode a été encore généralisée pour l'appliquer à l'emmagasinement à longue échéance et l'emmagasinement à courte échéance. Ceci a été réalisé en incluant la variation d'énergie interne d'emmagasinement dans l'analyse. Pour les emmagasinements typiques des emmagasinements saisonniers, cette méthode équivaut à une méthode élaborée par Braun (22). Pour les emmagasinements à courte échéance, la variation d'énergie interne est faible et la méthode correspond essentiellement à la méthode du graphique $\bar{\phi}$,f.

10.2.1 Chauffage des pièces et procédés en circuit fermé

Une illustration schématique d'une installation de chauffage des pièces à substance liquide fonctionnant en circuit fermé à laquelle FCHART s'applique est donnée à la figure 10.1. L'énergie solaire est captée par un collecteur à plaque unie ou un collecteur concentrateur et emmagasinée sous forme de chaleur dans un réservoir d'emmagasinement à substance liquide. La chaleur est fournie du dispositif d'emmagasinement à la charge par un dispositif de transfert s'il y a une demande d'énergie et si la température d'emmagasinement est supérieure à une température utile minimale spécifiée par l'utilisateur, $T_{min}$. Le dispositif de transfert peut être un échangeur de chaleur ou une thermopompe. S'il s'agit d'une thermopompe, il y a chauffage direct par énergie solaire par l'entremise d'un échangeur de chaleur lorsque la température d'emmagasinement est supérieure à $T_{by}$, une température minimale de contournement du chauffage direct à l'énergie solaire. De l'énergie d'appoint est ajoutée si le dispositif de transfert n'arrive pas à satisfaire à la charge. Comme autres hypothèses, il y a ce qui suit:

1) Les conditions d'admission du côté de la charge du dispositif de transfert ($T_{Li}$ et $\dot{m}_{Li}$ à la figure 10.1) sont représentées par des constantes ou des valeurs moyennes.

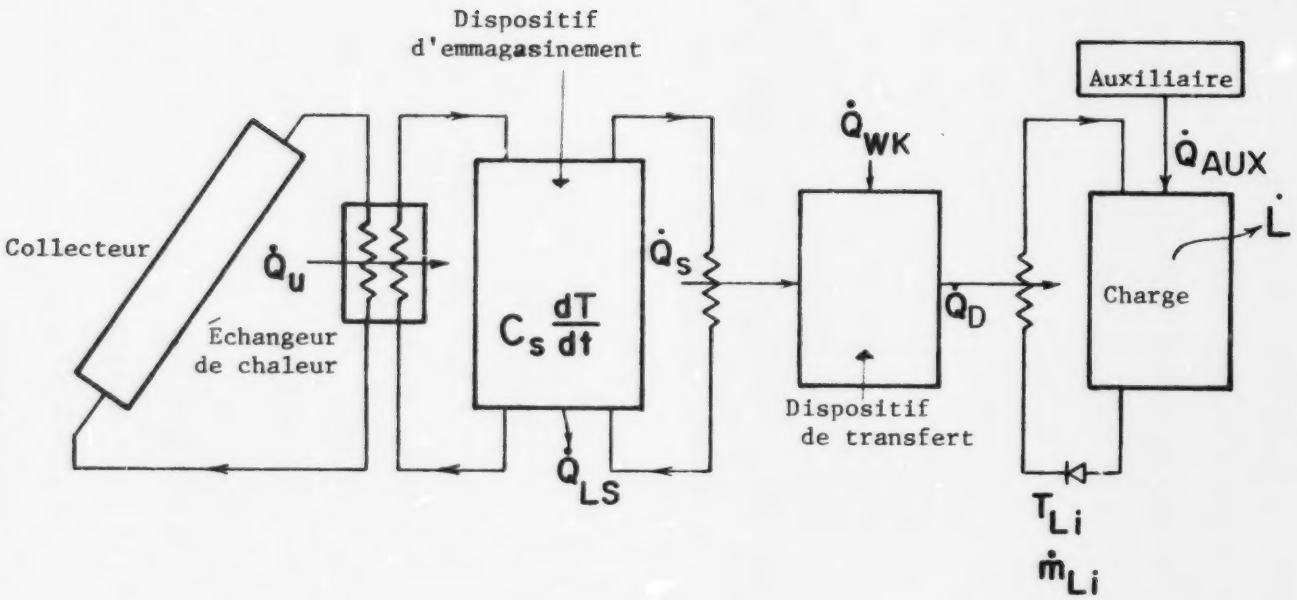



Figure 10.1 Illustration schématique d'une installation à substance liquide fonctionnant en circuit fermé.

2) Pour les installations de chauffage par transfert, on suppose des charges de 7 jours par semaine (pas nécessairement 24 heures par jour).

3) La substance d'emmagasinement est complètement homogène.

4) Pour les installations de chauffage par transfert, il n'y a aucune perte d'énergie par ébullition.

Analyse de l'installation

Comme équation représentant l'équilibre d'énergie instantané pour le milieu d'emmagasinement de la figure 10.1, on a:

$$C_s \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_u^{+} - \dot{Q}_{LS} - \min(\dot{Q}_S, \dot{Q}_S|_{max}) \qquad (10.40)$$

où $C_s$ est la capacité d'emmagasinement

$T$ est la température instantanée d'emmagasinement

$t$ est le temps

$\dot{Q}_u$ est le taux de captage utile

$\dot{Q}_{LS}$ est le taux de pertes d'énergie emmagasinée

$\dot{Q}_S$ est le taux auquel le dispositif de transfert peut extraire de l'énergie emmagasinée

$\dot{Q}_S|_{max}$ est le taux maximal auquel l'énergie peut être fournie du dispositif d'emmagasinement lorsque le dispositif de transfert rencontre la charge.

En intégrant l'équation (10.40) sur un mois, on obtient:

$$\Delta U = C_s(T_F - T_I) = Q_u - Q_{LS} - Q_S \qquad (10.41)$$

où

$\Delta U$ est la variation mensuelle en énergie interne d'emmagasinement

$T_F$ est la température d'emmagasinement mensuelle finale

$T_I$ est la température d'emmagasinement mensuelle initiale.

La méthode de conception implique l'évaluation des termes de l'équilibre d'énergie représenté par l'équation (10.41) sur une base mensuelle à partir de paramètres, de données météorologiques et de la température d'emmagasinement initiale. Le captage d'énergie, les pertes d'emmagasinement et l'approvisionnement en énergie sont calculés en fonction des températures moyennes d'emmagasinement auxquelles ils surviennent. La corrélation graphique de f, $\bar{\phi}$ permet d'avoir une relation entre le captage actuel de l'énergie solaire et le collecteur pour une température d'admission égale à la température qui détermine un bon approvisionnement en énergie. On suppose que l'énergie fournie à la charge sur une base mensuelle correspond au minimum de la charge et à l'énergie qui serait fournie si le dispositif de transfert fonctionnait sans interruption au cours de la période pendant laquelle survient la charge. Par conséquent,

$$Q_D = \min[\dot{Q}_D(T_s)\Delta t, L] \qquad (10.42)$$

où

$\Delta t$ est le temps pendant lequel la charge survient au cours du mois (pour le chauffage des pièces, il s'agit du mois complet)

$\bar{T}_S$ est la température mpyenne d'approvisionnement par le dispositif d'emmagasinement si le dispositif de transfert fonctionne sans interruption chaque fois que la charge apparaît

$\dot{Q}_D$ est le taux auquel l'énergie peut être fournie à la charge avec une température de source de $\overline{T}_S$

L est la charge totale mensuelle

Si le dispositif de transfert est un échangeur de chaleur, l'énergie fournie à la charge correspond à l'énergie fournie par le dispositif d'emmagasinement, c'est-à-dire

$$Q_D = Q_S = \min(\varepsilon C_{min}(\overline{T}_S - T_R)\Delta t, L) \qquad (10.43)$$

où

$\varepsilon C_{min}$ est le produit efficacité de l'échangeur de chaleur de charge-taux de capacité minimal de l'échangeur de chaleur de charge

$T_R$ est la température de retour du côté froid de l'échangeur de chaleur (température de la pièce pour le chauffage des pièces).

Si le dispositif de transfert est une thermopompe, alors l'énergie fournie à la charge dépend de la capacité de la thermopompe:

$$\dot{Q}_D = \min(\dot{Q}_{cap}(\overline{T}_S)\Delta t, L) \qquad (10.44)$$

où

$\dot{Q}_{cap}(\overline{T}_S)$ est la capacité de la thermopompe évaluée à $\overline{T}_S$. Dans ce cas, l'énergie fournie par le dispositif d'emmagasinement à la charge dépend de la capacité moyenne de la thermopompe et de la valeur du COP:

$$Q_S = \min(\dot{Q}_{cap}(\overline{T}_S)(1 - 1/\overline{COP}(\overline{T}_S))\Delta t, Q_S|_{max}(\overline{T}_S)) \qquad (10.45)$$

où

$\overline{COP}(\overline{T}_S)$ est le coefficient de rendement de la thermopompe évalué à $\overline{T}_S$

Le maximum d'énergie qui peut être fournie du dispositif d'emmagasinement à la charge (la charge solaire) est

$$Q_S|_{max} = L(1 - 1/COP(\overline{T}_S)) \qquad (10.46)$$

Le captage d'énergie s'évalue de deux façons. En premier lieu, pour une moyenne de seuil critique bien établie, le gain net d'énergie utile d'un collecteur est calculé de la façon décrite à la section 10.1.2 à l'aide de la relation suivante:

$$Q_u = A_C F_R(\overline{\tau\alpha})\overline{H}_T\overline{\Phi}(\overline{G}_C)N \qquad (10.47)$$

Le seuil critique moyen, $\overline{G}_C$, est évalué à l'aide de la relation (10.13) à une température d'admission moyenne au collecteur, $\overline{T}_C$, et à une température ambiante quotidienne moyenne, $\overline{T}_{da}$. Le captage d'énergie est également évalué en utilisant la corrélation graphique de $f,\overline{\Phi}$ qui permet de relier le captage actuel de l'énergie au captage de l'énergie que l'on aurait eu si le seuil critique moyen avait été évalué à $\overline{T}_S$. On a la relation suivante:

$$Q_u = A_C F_R(\overline{\tau\alpha})\overline{\Phi}_{max}(\overline{T}_S)\overline{H}_T N - Corr \qquad (10.48)$$

où

$$Corr = a(e^{bf} - 1)(1 - e^{cX})e^{dz}Q_S|_{max}$$

$$a = 0,015(C_s/350\ KJ/m^2\text{-}^oC)^{-0,76}$$

$$b = 3,85$$

$$c = -0,15$$

$$d = -1,959$$

$$f = Q_S/Q_S|_{max}$$

$$X = A_c F_R U_L (100^{\circ}C) \Delta t_m / Q_S|_{max}$$

$$Z = \frac{L}{\epsilon C_{min} \Delta t (100^{\circ}C)} \quad \text{pour échangeur de chaleur}$$

$Z = 0$ pour thermopompe

$\overline{\phi}_{max}(\overline{T}_S)$ est le facteur d'utilisation moyen mensuel évalué à $\overline{T}_S$

$\Delta t_m$ est la durée de temps dans le mois

Les pertes du dispositif d'emmagasinement sur une une base mensuelle sont

$$Q_{LS} = (UA)_T (T - T_{env}) \Delta t_m \qquad (10.49)$$

où

$\overline{T}$ est la température moyenne d'emmagasinement

$T_{env}$ est la température de l'environnement à laquelle les pertes surviennent.

La température moyenne d'emmagasinement est établie à l'aide de la relation de corrélation suivante (22):

$$\overline{T} = \overline{T}_S + g(e^{kf} - 1)e^{hz} \qquad (10.50)$$

où

$$g = (0,2136^{\circ}C)(C_S/350kJ/h^2\text{-}^{\circ}C)^{-0,704}$$

$$h = -4,002$$

$$k = 4,702$$

Pour les installations de chauffage des pièces, la variation en énergie interne est comprise et la température finale d'emmagasinement est établie à l'aide de la relation suivante:

$$T_F = 2\bar{T} - T_I \qquad (10.51)$$

Résolution des équations

Pour déterminer la valeur de $\bar{T}_S$ qui satisfait à l'équilibre d'énergie exprimé par l'équation (10.41), à partir des conditions initiales, de paramètres de l'installation et de données météorologiques, on utilise, dans FCHART, une "version par tranches" de la méthode de bissection. Une fonction G est définie de la façon suivante:

$$G = Q_u - Q_S - Q_{LS} - \Delta U = 0 \qquad (10.52)$$

Posons $\bar{T}_{S_{n-1}}$ et $\bar{T}_{S_n}$ comme deux valeurs d'essai successives pour $\bar{T}_S$. On a alors

$$\bar{T}_{S_{n+1}} = \bar{T}_{S_n} - \frac{G(\bar{T}_{S_n})(\bar{T}_{S_n} - \bar{T}_{S_{n-1}})}{G(\bar{T}_{S_n}) - G(\bar{T}_{S_{n-1}})} \qquad (10.53)$$

Si $\bar{T}_{S_{n+1}}$ est supérieur à une valeur récente de maximum, $\bar{T}_{S_{max}}$, ou inférieur à une valeur de minimum, $\bar{T}_{S_{min}}$, avec $G(\bar{T}_{S_{max}}) \times G(\bar{T}_{S_{min}}) < 0$, on procède alors à une bissection avec

$$\bar{T}_{S_{n+1}} = \frac{\bar{T}_{S_{max}} + \bar{T}_{S_{min}}}{2} \qquad (10.54)$$

$\bar{T}_{S_{min}}$ et $\bar{T}_{S_{max}}$ sont modifiés au cours de chaque opération d'itération de la façon suivante:

1) Si $G(\bar{T}_{S_{n+1}}) \times G(\bar{T}_{S_{max}}) < 0$, alors $\bar{T}_{S_{min}} = \bar{T}_{S_{n+1}}$ et $\bar{T}_{S_{max}}$ demeure inchangé.

2) Si $G(\bar{T}_{S_{n+1}}) \times G(\bar{T}_{S_{min}}) < 0$, alors $\bar{T}_{S_{max}} = \bar{T}_{S_{n+1}}$ et $\bar{T}_{S_{min}}$ demeure inchangé.

La méthode de résolution peut être résumée par les étapes suivantes:

1) En supposant une valeur de $\bar{T}_{Sn}$, calculer $Q_S$, $Q_u$, $Q_{LS}$, $\Delta U$ ($\Delta U = 0$ pour le chauffage par transfert)
2) Calculer $G_n$, $T_{S_{n+1}}$
3) Reprendre les étapes 1 et 2 jusqu'à ce que $|G_n| \leq 0{,}001 (|Q_{u_n}|+|Q_{S_n}|+|Q_{LS_n}|+|\Delta U|_n)$

Si la solution à l'équilibre d'énergie entraîne une température moyenne d'approvisionnement, $\bar{T}_S$, ($T_F$ pour le chauffage des pièces), qui est inférieure au minimum permis $T_{min}$, alors il faut procéder à l'aide des étapes suivantes:

1) $T_F = \bar{T}_S = T_{min}$
2) Calculer $\bar{\varphi}_{max}$
3) Supposer une valeur de $Q_{S_n}$
4) Calculer $\bar{T}$, $Q_{LS}$, $Q_u$
5) Calculer $G_n = Q_S - (Q_u - Q_{LS} - \Delta U)$
6) Établir $Q_{S_{n+1}}$ à l'aide de la méthode de Newton:
   $Q_{S_{n+1}} = Q_{S_n} - G_n/(dG/dQ_S)$
7) Reprendre les étapes 4-6 jusqu'à ce que $|G_n| \leq 0{,}001\ Q_S$

Pour les installations de chauffage des pièces, on tient compte des pertes par ébullition en limitant la température moyenne d'entreposage à la température d'ébullition de l'eau. Il s'agit là d'une bonne hypothèse puisque le chauffage des pièces s'effectue à basse température et que les pertes par ébullition ne sont importantes que durant les mois d'été lorsque la charge est négligeable.

Il est nécessaire de tenir compte des pertes par ébullition pour les installations de chauffage des pièces afin d'avoir un modèle réaliste de l'emmagasinement de l'énergie de mois en mois l'été.

Si la solution de l'équation d'équilibre mensuel d'énergie donne une température moyenne d'emmagasinement supérieure à la température d'ébullition de l'eau, alors il faut procéder à l'aide des étapes suivantes:

1) $T_F = \overline{T} = \overline{T}_S = T_b$

2) Calculer $Q_S$, $Q_u$, $Q_{LS}$

Pour les installations avec thermopompe comme dispositif de transfert, le chauffage direct par énergie solaire est substitué au chauffage par thermopompe chaque fois que la température moyenne d'emmagasinement est supérieure à la température de contournement spécifiée par l'utilisateur. Il est possible d'éliminer le mode de chauffage direct par énergie solaire en spécifiant une température de contournement élevée.

Pour une analyse annuelle d'une installation de chauffage des pièces, on suppose une température initiale d'emmagasinement. La température à chaque fin de mois est utilisée comme température initiale pour le mois suivant. Cette opération est répétée pour le nombre de cycles annuels qu'il faut utiliser pour avoir des températures initiale et finale d'emmagasinement à toute fin pratique égales. Deux cycles sont habituellement suffisants.

### 10.2.2 Installations de chauffage de l'eau domestique à circuit ouvert

La principale différence entre une installation à circuit fermé et une installation à circuit ouvert est que dans la seconde, la chaleur est transmise du dispositif d'emmagasinement à la charge par l'entremise de l'écoulement d'un fluide qui sera éliminé de l'installation par la suite. Une illustration schématique d'une installation à circuit ouvert pour laquelle on peut utiliser FCHART est donnée à la figure 10.2. L'énergie solaire pour chauffer l'eau est fournie à un réservoir de réchauffage par des collecteurs. Une énergie d'appoint est fournie par une chauffe-eau conventionnel afin de maintenir la température à la valeur fixe désirée. Une soupape de mélangeage empêche la température à la sortie de l'auxiliaire d'excéder la température fixe désirée. Pour cette installation, les pertes du réservoir auxiliaire constituent une portion de charge à laquelle l'énergie solaire peut satisfaire. On suppose, afin d'éviter toute perte par ébullition, que le réservoir d'emmagasinement est sous pression.

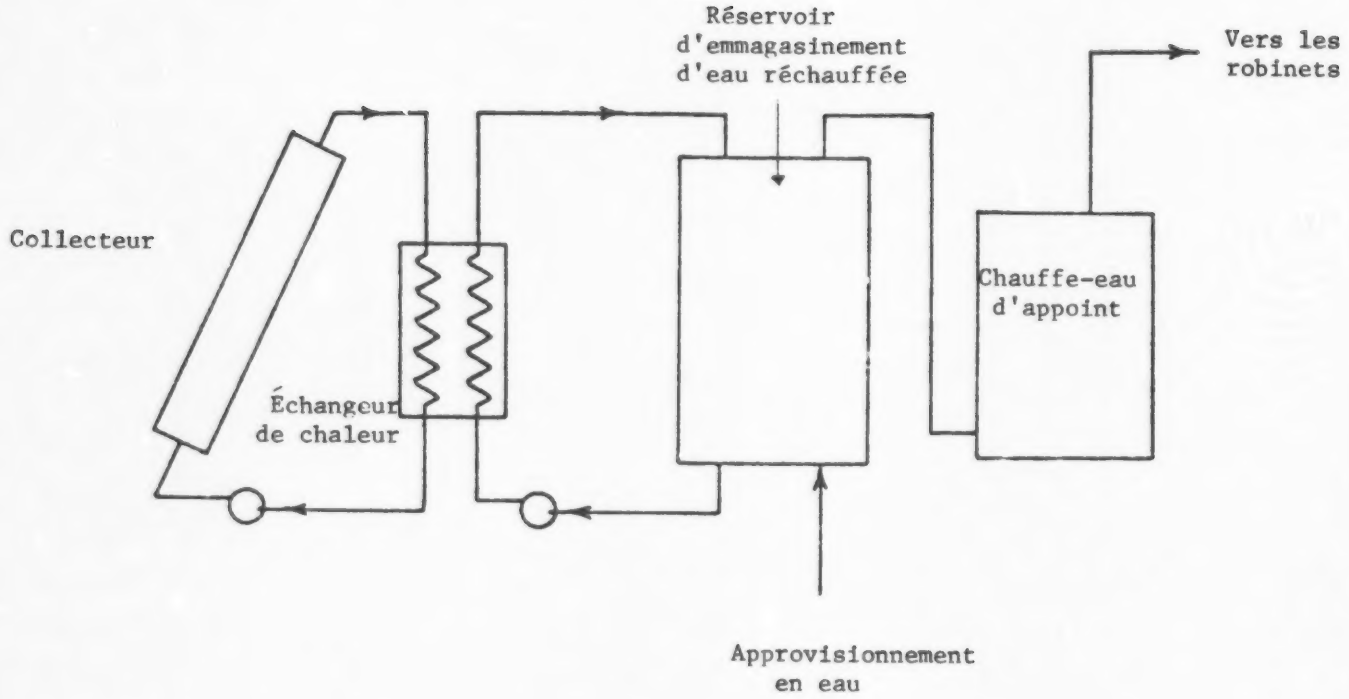



Figure 10.2. Illustration schématique d'une installation de chauffage de l'eau domestique à circuit ouvert

La méthode de résolution pour les installations à circuit ouvert est identique à la méthode pour les installations à circuit fermé, à l'exception des définitions de $Q_S$ et Z. La variation en énergie interne d'emmagasinement est omise; l'équilibre d'énergie mensuel s'exprime donc de la façon suivante:

$$Q_U = Q_{LS} - Q_S = 0 \qquad (10.55)$$

$Q_u$ et $Q_{LS}$ sont déterminés en utilisant les équations (10.48) et (10.49). Le paramètre Z, qui constitue une mesure de l'élévation de température demandée par la charge et qui est nécessaire à l'équation (10.48), est défini de la façon suivante pour une installation à circuit ouvert:

$$Z = \frac{L}{M_w C_p (100^{\circ}C)} \qquad (10.56)$$

où

$M_w$ est la masse d'eau consommée par mois

$C_p$ est la chaleur spécifique de l'eau

L'énergie fournie sous forme solaire à l'eau est donnée par:

$$Q_S = \min (M_w C_p (\overline{T}_S - T_{main}), L)$$

où

$T_{main}$ est la température de l'eau du réseau

$T_{set}$ est la température fixe désirée.

On tient compte des pertes du réservoir auxiliaire en modifiant la valeur de la consommation d'eau, $M_w$, de façon à ce que la charge établie pour cette nouvelle valeur soit égale à la somme de la charge originale et des pertes d'énergie du réservoir auxiliaire.

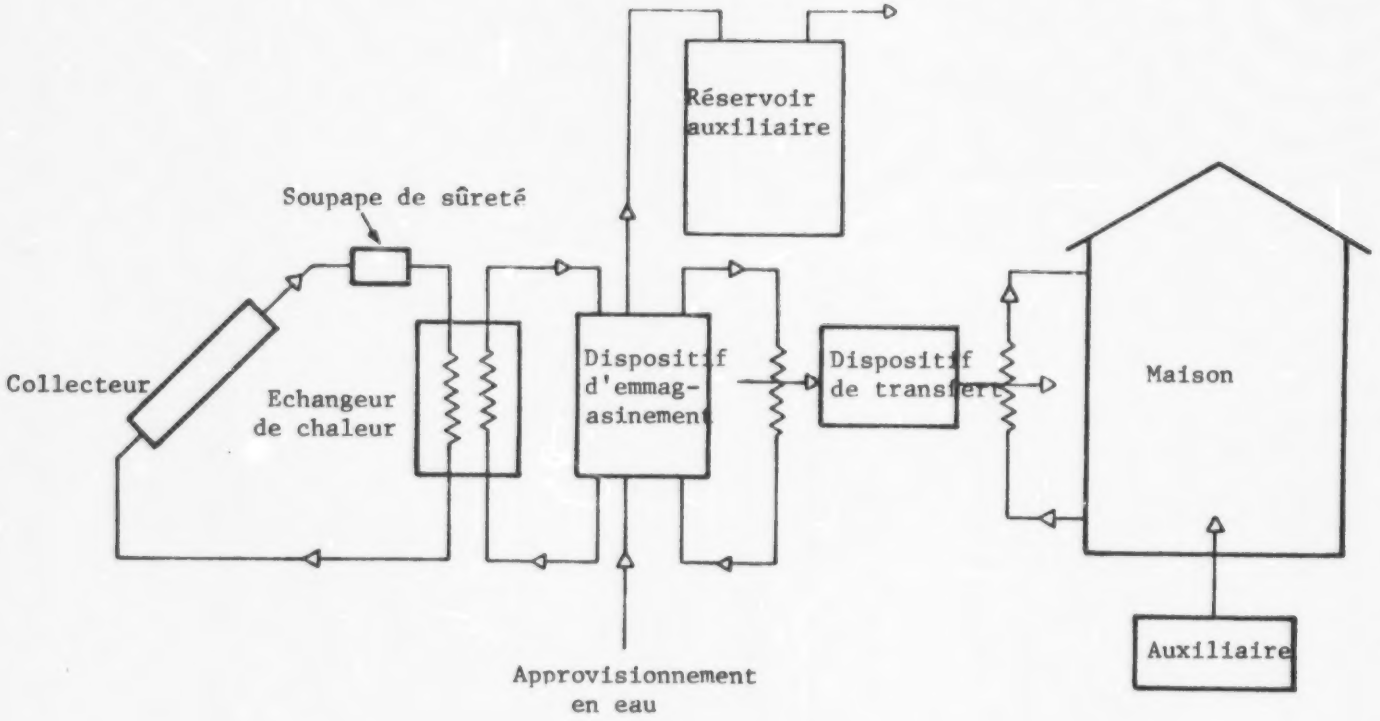



Figure 10.3. Illustration schématique d'une installation combinée de chauffage des pièces et de l'eau à substance liquide comme moyen de transport

La résolution de l'équation (10.55) pour obtenir $\overline{T}_S$ est identique à la résolution de l'équation pour une installation à circuit fermé (section 10.2.1); nous ne nous attarderons donc pas à en discuter.

10.2.3 Chauffage combiné des pièces et de l'eau

On utilise une variante de la méthode de conception pour les installations à circuit fermé (section 10.2.1) pour prédire les performances des installations combinées de chauffage des pièces et de l'eau du type illustré à la figure 10.3. La méthode est basée sur les hypothèses énoncées aux sections 10.2.1 et 10.2.2.

La contribution en énergie solaire à la charge est la somme des énergies fournies aux pièces chauffées et à l'eau qui est chauffée:

$$Q_S = Q_{SH} + Q_{DHW} \qquad (10.57)$$

où

$Q_{SH}$ est l'énergie solaire fournie à la charge de chauffage des pièces

$Q_{DHW}$ est l'énergie solaire fournie à charge de chauffage de l'eau domestique.

Les quantités $Q_{SH}$ et $Q_{DHW}$ sont calculées de la façon indiquée aux sections 10.2.1 et 10.2.2 respectivement, à une température moyenne d'approvisionnement de $\overline{T}_S$.

Le captage d'énergie est évalué à l'aide de l'équation (10.48). Le paramètre Z exigé par cette expression est pondéré selon l'intensité des charges de chauffage des pièces et de

l'eau de la façon suivante:

$$Z = \frac{Z_{DHW} \cdot L_{DHW} + Z_{SH} \cdot L_{SH}}{L_{DHW} + L_{SH}} \qquad (10.58)$$

où les indices inférieurs DHW et SH réfèrent au chauffage de l'eau domestique et au chauffage des pièces, respectivement.

10.3 Chauffage à air à l'énergie solaire

Une illustration schématique d'une installation de chauffage à air des pièces et de l'eau pour laquelle on peut utiliser FCHART est donnée à la figure 10.4. Le fonctionnement de l'installation est caractérisé par les trois modes suivants:

1) Du collecteur vers la charge - demande d'énergie pour chauffer les pièces et température de sortie du collecteur supérieure à la température des pièces.
2) Du collecteur vers le dispositif d'emmagasinement - température de sortie du collecteur supérieure à la température au fond du dispositif d'emmagasinement et aucune charge de chauffage des pièces.
3) Du dispositif d'emmagasinement vers la charge - aucun captage possible, demande d'énergie dans les pièces chauffées et température à la partie supérieure du dispositif d'emmagasinement supérieure à la température des pièces.

Dans les modes 1 et 2, de l'énergie d'appoint fournie par une chaudière conventionnelle peut s'ajouter à la contribution solaire. Pour l'eau chaude domestique, l'énergie est

fournie par échange de chaleur de l'air chaud sortant d'un collecteur à plaque unie vers un réservoir de réchauffage. De l'énergie additionnelle est ajoutée au besoin par un chauffe-eau conventionnel afin de maintenir la température à la valeur fixe désirée. La méthode de conception des installations à air est basée sur les hypothèses suivantes:

1) On suppose que la valeur U du dispositif d'emmagasinement est de 0,42 $W/m^2-^oC$.
2) Les gradients de température en direction normale à l'écoulement de l'air dans le dispositif d'emmagasinement sont négligeables.
3) L'énergie est emmagasinée à l'aide d'un lit de pierres ou d'une substance qui change de phase.
4) Le débit d'air du collecteur est supérieur ou égal à 5 $L/s-m^2$ et inférieur ou égal à 20 $L/s-m^2$.
5) La capacité d'emmagasinement est supérieure ou égale à 157,5 $kJ/m^2-^oC$ et inférieure ou égale à 1260 $kJ/m^2-^oC$.

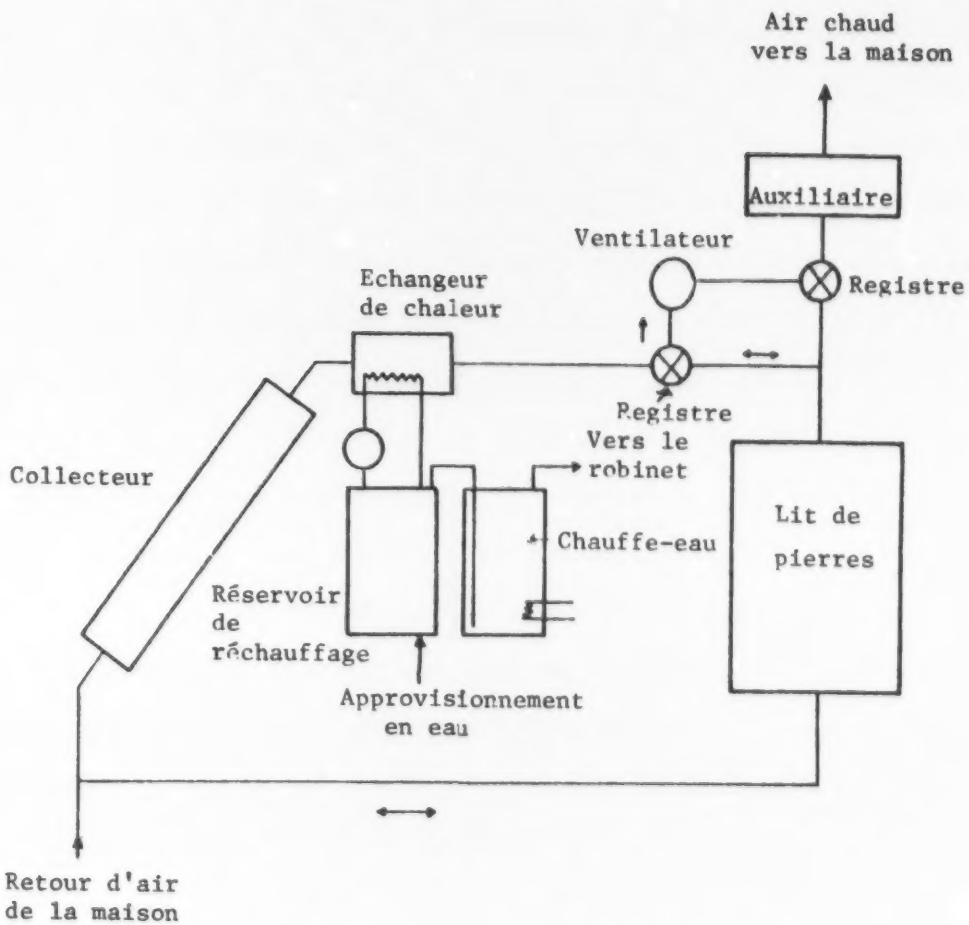



Figure 10.4 Illustration schématique d'une installation de chauffage à air des pièces et de l'eau

Chauffage des pièces seulement

L'analyse des installations de chauffage à air des pièces est identique à celle que l'on trouvait dans les versions antérieures de FCHART, sauf que la méthode a été améliorée pour tenir compte de l'emmagasinement d'énergie par transformation de phase. La fraction de la demande satisfaite par énergie solaire, f, a été établie comme fonction de deux paramètres sans dimension X et Y, tel que suggéré par Klein (23). Les paramètres X et Y sont obtenus grâce aux relations suivantes:

$$X = \frac{A_C F_R U_L (100^{\circ}C - \bar{T}_a)\Delta T_m}{L} \qquad (10.60)$$

$$Y = \frac{A_C F_R U_L (\overline{\tau\alpha})\bar{H}_T N}{L} \qquad (10.61)$$

La relation de corrélation pour f a été établie pour un débit d'air de collecteur de 10,1 L/s par mètre carré de superficie de collecteur et une capacité d'emmagasinement de 0,25 mètre cube de pierres par mètre carré de superficie de collecteur. Les performances des installations fonctionnant à d'autres débits d'air de collecteur ou autres capacités d'emmagasinement sont évaluées en modifiant X, tel que l'indique Klein. Les performances thermiques des installations de chauffage à air des pièces utilisant les transformations de phase comme moyen d'emmagasiner l'énergie sont évaluées à l'aide de la corrélation de FCHART en définissant une capacité effective d'emmagasinement, comme le suggère Jurinak (24).

Chauffage de l'eau seulement

Sans chauffage des pièces, l'installation illustrée à la figure 10.4 correspond à l'installation décrite à la section 10.2.2 pour les installations de chauffage de l'eau domestique et l'analyse alors décrite peut être utilisée. Pour réaliser un modèle de collecteur à air, il suffit de spécifier le type de collecteur et les paramètres du dispositif de transport.

Chauffage combiné des pièces et de l'eau

Les performances de l'installation combinée de chauffage à air des pièces et de l'eau illustrée à la figure 10.4 sont évaluées en utilisant les méthodes qui s'appliquent aux installations de chauffage de l'eau domestique et installations de chauffage à air des pièces.

Les performances des installations de chauffage de l'eau et des pièces sont évaluées séparément en utilisant pour chacune une charge égale à la charge totale de chauffage de l'eau et des pièces. La fraction de la charge totale qui correspond à de l'énergie non achetée est établie de la façon suivante en fonction de la moyenne pondérée de charge correspondant à ces prédictions individuelles:

$$F_{NP} = \frac{(F_{DHW} \cdot L_{DHW} + F_{SH} \cdot L_{SH})}{L_{DHW} + L_{SH}} \qquad (10.62)$$

## 10.4 Charges et auxiliaire

Pour les installations de chauffage par transfert à circuit fermé, la charge et le nombre d'heures pendant lesquelles la charge est présente sont spécifiés par l'utilisateur

sur une base quotidienne. On suppose des charges de chauffage d'eau domestique en circuit ouvert pour tenir compte des pertes par le dispositif d'emmagasinement auxiliaire; ces charges sont calculées de la façon suivante:

$$L_{DHW} = M_w C_p (T_{set} - T_{main}) + (UA)_A (T_{set} - T_{env}) \Delta t_m \qquad (10.63)$$

où $(UA)_A$ est la conductance du réservoir auxiliaire pour les pertes de chaleur. Les charges de chauffage des pièces peuvent être fournies par l'utilisateur ou calculées en utilisant le concept de degrés-jours (25) de la façon suivante:

$$L_{SH} = (UA)_L \cdot DD \qquad (10.64)$$

où

$(UA)_L$ est la conductance globale pour les pertes de chaleur de la maison

DD est le nombre de degrés-jours pour le mois.

Les degrés-jours (avec 18,3 $^{o}$C comme base) font partie de la banque de données météorologiques de FCHART.

De l'énergie d'appoint est fournie pour rencontrer la portion de charge qui ne peut être satisfaite par énergie solaire. Pour le chauffage par transfert ou le chauffage de l'eau chaude domestique, le dispositif d'appoint peut être une chaudière électrique, au gaz ou au mazout. L'utilisateur doit spécifier le rendement du dispositif utilisé et la consommation d'énergie acheté mensuelle est donnée par la relation suivante:

$$Q_{PUR} = Q_D - Q_S + (L - Q_D)\eta_A \qquad (10.65)$$

où

$\eta_A$ est le rendement du dispositif auxiliaire.

Pour le chauffage des pièces, la source d'appoint principale peut être une thermopompe air-air ou une chaudière conventionnelle. Si une thermopompe est utilisée, on utilise une source à l'électricité ou à combustible fossile comme auxiliaire secondaire. Les performances d'installations énergie solaire-thermopompe en parallèle sont déterminées de la façon décrite par Anderson (26). Pour ce faire, on suppose que l'effet de l'installation active solaire est de réduire la charge à laquelle doit satisfaire la thermopompe. La méthode utilisée pour prédire les performances de la thermopompe face à cette charge réduite implique la substitution des données "bin" de température ambiante nécessaires pour la méthode "bin" de la ASHRAE (27) par une distribution généralisée continue. Les débits d'énergie associés à la thermopompe et à la charge sont ensuite intégrées à l'aide de cette distribution. La consommation mensuelle en énergie achetée pour les installations de chauffage des pièces avec thermopompe comme dispositif auxiliaire est obtenue à l'aide de la relation suivante:

$$Q_{PUR} = Q_D' - Q_S - Q_{ATM} + (L - Q_D')/\eta_A \qquad (10.66)$$

où

$Q_D'$ est l'énergie fournie à la charge par le dispositif de transfert et la thermopompe auxiliaire

$Q_{ATM}$ est l'énergie absorbée par l'évaporateur de la thermopompe auxiliaire.

## Bibliographie


1. Hottel, H.C., et Woertz, B.B., "Performance of Flat-Plate Solar Heat Collectors", Trans. ASME 64, 91 (1942).
2. NORME ASHRAE 93-77, (1977).
3. Klein, S.A., "Calculation of Flat-Plate Collector Utilizability", Solar Energy, 21,393 (1978).
4. Whillier, A., "Solar Energy Collection and Its Utilization for House heating", Ph.D. Thesis, M.I.T., Cambridge, Massachusetts (1953).
5. Liu, B.Y.H. et Jordan, R.C., "The Long Term Average Performance of Flat-Plate Solar Energy Collectors", Solar Energy, 7, 53 (1963).
6. Theilacker, J.C., "An Investigation of Monthly-Average Utilizability for Flat-Plate Solar Collectors", M.S. Thesis, University of Wisconsin-Madison (1980).
7. Collares-Pereira, M. et Rabl, A., "Simple Procedure for Predicting Long Term Average Performance of Non-concentrating and of Concentrating Solar Collectors", Solar Energy, 23, 235 (1979).
8. Collares-Pereira, M. et Rabl, A., "The Average Distribution of Solar Radiation-Correlations Between Diffuse and Hemispherical and Between Daily and Hourly Insolation Values", Solar Energy, 22, 155 (1979).
9. Liu, B.Y.H. et Jordan, R.C., "The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse,and Total Solar Radiation", Solar Energy, 4, 3 (1960).

10. Duffie, J.A. et Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley-Interscience, New York (1980).

11. Klein, S.A., "Calculation of the Monthly-Average Transmittance-Absorptance Product", Solar Energy, sous presse.

12. Pettit, R.B. et Sowell, R.R., "Solar Absorptance and Emittance Properties", Journal of Vacuum Science Technology, 13, (1976).

13. Simon, F.F. et Buyco, E.A., "Outdoor Flat-Plate Collector Performances Prediction from Solar Simulator Test Data", NASA TMX-71707 (1975).

14. Brandemuehl, M.J. et Beckman, W.A., "Transmission of Diffuse Radiation Through CPC and Flat-Plate Collector Glazings", Solar Energy, sous presse.

15. Gaul, H. et Rabl, A., "Incidence Angle Modifier and Average Optical Efficiency of Parabolic Trough Collectors", Proceedings of the International Solar Energy Society, Atlanta, Georgia, Vol. 1, p. 547 (1979).

16. deWinter, F., "Heat Exchanger Penalties in Double-Loop Solar Water Heating Systems", Solar Energy, 17, 335 (1975).

17. Beckman, W.A., "Duct and Pipe Losses in Solar Energy Systems", Solar Energy, 21, 531 (1978).

18. Jones, D.E., Shaw, L.E. et Löf, G.O.G., "Air Leakage Effects on Active Air-Heating Solar Collector System Performance", Solar Heating and Cooling Systems Operational Results Conference Proceedings, Colorado Springs, Colorado (1978), p. 131

19. Klein, S.A. et Beckman, W.A., "A General Design Method for Closed-Loop Solar Energy Systems", Solar Energy, 22, 269 (1979).

20. Svard, C.D. et Mitchell, J.W., "Design Procedure for Solar Assisted Series Heat Pump Systems", Proceedings of the AS/ISES 1980 Annual Meeting, Phoenix, Arizona, Vol. 3.1, p.314.

21. Braun, J.E. et Duffie, J.A., "Design of Space Heating Systems Employing Seasonal Sensible Storage", Proceedings of the AS/ISES 1980 Annual Meeting, Phoenix, Arizona, Vol. 3.1, p276.

22. Pearsons, K.A., "Utilizability Design Method for Predicting the Long-Term Performance of Solar Hot Water Systems", M.S. Thesis, University of Wisconsin-Madison (1980).

23. Klein, S.A., Beckman, W.A. et Duffie, J.A., "A Design Procedure for Solar Heating Systems", Solar Energy, 18, 113 (1976).

24. Jurinak, J.J. et Abdel-Khalik, S.I., "Sizing Phase-Change Energy Storage Units for Air-Based Solar Heating Systems", Solar Energy, 22, 355 (1979).

25. ASHRAE, Handbook of Fundamentals (1978).

26. Anderson, J.V., "Procedures for Predicting the Performance of Air-to-Air Heat Pumps in Stand-Alone and Parallel Solar-Heat Pumps Systems", M.S. Thesis, University of Wisconsin-Madison (1979).

27. ASHRAE Systems Handbook (1976).

## ANNEXE A - Valeurs des paramètres

### A.1 Valeurs assumées par défaut

Unités SI

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU COLLECTEUR

C1. SUPERFICIE DE COLLECTEUR.....50,00 M2

C2. PRODUIT FR-UL..... 4,22 W/M2-DEG C

C3. FR-TAU-ALPHA (INCIDENCE NORMALE)..... 0,70

C4. RAPPORT DE CONCENTRATIONS..... 2,00

C5. DEMI-ANGLE DE RÉCEPTION DE CCP.....30,00 DEGRÉS

C6. NOMBRE DE COUVERCLES..... 2,00

C7. INDICE DE RÉFRACTION..... 1,53

C8. COEFFICIENT D'ATTÉNUATION X LONGUEUR (KL).. 0,04

C9. FACTEUR DE MODIFICATION D'ANGLE D'INCIDENCE 0,00

C10. DÉBIT DE COLLECTEUR * CHALEUR SPÉCIFIQUE/ 55,00 W/M2-DEG C
SUPERFICIE

C11. AXE D'ORIENTATION CONTINUE (1=EO, 2=NS,
3= 2 AXES).... 3,00

C12. PENTE DE COLLECTEUR.....43,00 DEGRÉS

C13. AZIMUTH DE COLLECTEUR..... 0,00 DEGRÉS

C14. COEFFICIENT DE RÉFLEXION DU SOL..... 0,20

C15. MODIFICATEURS D'ANGLE D'INCIDENCE (10,20,30,
40,50,60,70,80 DEG.)
1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37

PARAMÈTRES DE TRANSPORT COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

T1. EPS-CMIN DU HX COLLECTEUR-EMMAGASINEMENT/
SUPERFICIE DE COLLECTEUR...55,00 W/M2-DEG C

T2. UA DU TUYAU OU DE CONDUITE D'ADMISSION DE
COLLECTEUR.... 0,00 W/DEG C

T3. UA DU TUYAU OU CONDUITE DE SORTIE DE COLL.. 0,00 W/DEG C

T4. TAUX DE FUITE DE CONDUITE DE COLLECTEUR.. 15,00

T5. EMPLACEMENT DES FUITES DE CONDUITE (1= ADMISSION, 2=SORTIE, 3=LES DEUX)..... 3,00

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

S1. CAPACITÉ DE RÉSERVOIR/SUPERFICIE DE COL..350,00 KJ/DEG C-M2

S2. RAPPORT HAUTEUR/DIAMÈTRE DU DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT. 2,00

S3. COEFFICIENT DE PERTES DE CHALEUR..... 0,50 W/M2-DEG C

S4. TEMPÉRATURE ENVIRONNANTE (-1000 POUR TENV= TAMB)... 20,00 DEG C

S5. UA DE RÉSERVOIR AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE.. 4,00 W/DEG C

S6. TEMP. ENVIRONNANTE DU RÉSERVOIR AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE... 20,00 DEG C

S7. CAPACITÉ DU LIT DE PIERRES/SUPERFICIE DE COLLECTEUR....350,00 KJ/DEG C-M2

S8. VOLUME DE TRANSFORMATION DE PHASE/ SUPERFICIE DE COLLECTEUR (X1000).. 75,00 M3/M2

S9. DENSITÉ DE SUBSTANCE QUI CHANGE DE PHASE1460,00 KG/M3

S10. FRACTION D'INTERSTICES..... 0,25

S11. CHALEUR SPÉCIFIQUE EN PHASE SOLIDE..... 1,92 KJ/KG-DEG C

S12. CHALEUR SPÉCIFIQUE EN PHASE LIQUIDE..... 3,25 KJ/KG-DEG C

S13. CHALEUR DE FUSION.....251,00 KJ/KG

S14. TEMPÉRATURE DE FUSION..... 32,00 DEG C

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF DE TRANSFERT

D1. EPS-CMIN DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR DE CHARGE 1200,00 W/DEG C

D2. TEMP. MIN. POUR FONCTIONNEMENT DE HX..... 20,00 DEG C

D3. NUMÉRO DE THERMOPOMPE DE TRANSFERT..... 2,00

D4. TEMP. MIN. POUR ABSORBEUR DE THERMOPOMPE.... 10,00 DEG C

D5. TEMPÉRATURE DE CONTOURNEMENT DE THERMOPOMPE. 40,00 DEG C

PARAMÈTRES DE CHARGE

L1. UA DU BÂTIMENT.....275,00 W/DEG C

L2. TEMPÉRATURE DE LA PIÈCE..... 20,00 DEG C

L3. CONSOMMATION D'EAU CHAUDE.....300,00 L/JOUR

L4. TEMPÉRATURE DÉSIRÉE POUR EAU CHAUDE..... 60,00 DEG C

L5. TEMPÉRATURE DE L'EAU DU RÉSEAU..... 11,00 DEG C

L6. CHARGE TOTALE DE CHAUFFAGE PAR TRANSFERT OU CHAUFFAGE DES PIÈCES.....500,00 MJ/JOUR

L7. HEURES DANS UNE JOURNÉE..... 24,00

L8. TEMPÉRATURE DE RETOUR DE CHARGE..... 21,00 DEG C

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF AUXILIAIRE

A1. TYPE DE COMBUSTIBLE POUR LE DISP. AUXILIAIRE. (1=GAZ, 2=ÉLECTR., 3= MAZOUT) 2.

A2. RENDEMENT DU DISPOSITIF AUXILIAIRE..... 1,00

A3. COMBUSTIBLE POUR DISP. AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE (1=GAZ, 2=ÉLECTR., 3=MAZOUT)..... 2.

A4. RENDEMENT DU CHAUFFE-EAU AUXILIAIRE..... 1,00

A5. NUMÉRO DE LA THERMOPOMPE AUXILIAIRE..... 1.

PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

E1. NIVEAU DE DÉTAIL DES RÉSULTATS ÉCONOMIQUES (1, 2 OU 3)..... 2,00

E2. INSTALLATION DE COMPARAISON OU DE RÉFÉRENCE (1 OU 2)..... 1,00

E3. CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT (OUI=1, NON=2).. 2,00

E4. BÂTIMENT À REVENU (OUI=1, NON=2)..... 2,00

E5. DÉPRC: STR, LN.=1, DC. BAL.=2, SM-YR-DGT=3, AUCUNE=4..... 1,00

E6. TENIR COMPTE DES CRÉDITS D'IMPÔT FÉDÉRAUX (OUI=1, NON=2)..... 1,00

E7. PÉRIODE COUVERTE PAR L'ANALYSE..... 20,00 ANS

| | | |
|---|---|---|
| E8. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION DONNANT DROIT AUX CRÉDITS D'IMPÔT..... | $ 6000,00 | |
| E9. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION NE DONNAT PAS DROIT AUX CRÉDITS D'IMPÔT..... | $ 0,00 | |
| E10. AUGMENTATION ANNUELLE EN DEMANDE D'ÉNERGIE ACHETÉE..... | 0,00 | %/AN |
| E11. DURÉE DE L'EMPRUNT..... | 20,00 | ANNÉES |
| E12. PAIEMENT INITIAL (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL).... | 10,00 | % |
| E13. TAUX D'INTÉRÊT ANNUEL POUR L'EMPRUNT..... | 8,00 | % |
| E14. VALEUR DE REVENTE (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL).... | 0,00 | % |
| E15. TAUX D'ESCOMPTE NOMINAL (MARCHÉ) ANNUEL..... | 8,00 | % |
| E16. ASSUR. EXTRA, ENTRETIEN DURANT ANNÉE 1 (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL) | 1,00 | % |
| E17. % D'AUGMENTATION ANNUEL DES DÉPENSES CI-DESSUS | 6,00 | % |
| E18. TAUX D'IMPOSITION EFFECTIF FÉDÉRAL-PROVINCIAL | 35,00% | |
| E19. TAUX DE TAXE FONCIÈRE RÉEL PAR $ D'INVESTISSEMENT ORIGINAL..... | 2,00 | % |
| E20. % D'AUGMENTATION ANNUEL DU TAUX DE TAXE FONCIÈRE | 6,00 | %/AN |
| E21. CRÉDIT PROVINCIAL DE PREMIÈRE ÉTAPE..... | 24,00 | % |
| E22. MAX. DE PREMIÈRE ÉTAPE POUR CRÉDIT PROVINCIAL | $10000,00 | |
| E23. CRÉDIT PROVINCIAL DE SECONDE ÉTAPE..... | 0,00 | % |
| E24. MAX. DE SECONDE ÉTAPE POUR CRÉDIT PROVINCIAL. | $10000,00 | |
| E25. DURÉE DE VIE UTILE AUX FINS DE DÉPRÉCIATION. | 20,00 | ANS |
| E26. % DE TAUX DE DÉPRÉCIATION LINÉAIRE (DÉPRC. À SOLDE DÉCROISSANT)..... | 150,00% | |

Unités anglaises

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU COLLECTEUR

| | | |
|---|---|---|
| C1. SUPERFICIE DE COLLECTEUR..... | 538,20 | $PI^2$ |
| C2. PRODUIT FR-UL..... | 0,74 | BTU/H-$PI^2$-DEG F |
| C3. FR-TAU-ALPHA (INCIDENCE NORMALE)..... | 0,70 | |
| C4. RAPPORT DE CONCENTRATIONS..... | 2,00 | |
| C5. DEMI-ANGLE DE RÉCEPTION DE CCP..... | 30,00 | DEGRÉS |
| C6. NOMBRE DE COUVERCLES..... | 2,00 | |
| C7. INDICE DE RÉFRACTION..... | 1,53 | |
| C8. COEFFICIENT D'ATTÉNUATION X LONGUEUR (KL)..... | 0,04 | |
| C9. FACTEUR DE MODIFICATION D'ANGLE D'INCIDENCE... | 0,00 | |
| C10. DÉBIT DE COLLECTEUR * CHALEUR SPÉCIFIQUE/ SUPERFICIE DE COLLECTEUR..... | 9,69 | BTU/H-DEG F |
| C11. AXE D'ORIENTATION CONTINUE (1=EO, 2=NS, 3= 2 AXES) | 3,00 | |
| C12. PENTE DU COLLECTEUR..... | 43,00 | DEGRÉS |
| C13. AZIMUTH DE COLLECTEUR..... | 0,00 | DEGRÉS |
| C14. COEFFICIENT DE RÉFLEXION DU SOL..... | 0,20 | |

C15. MODIFICATEURS D'ANGLE D'INCIDENCE (10,20,30,40, 50,60,70,80 DEG.)
1,00 0,99 0,98 0,95 0,90 0,80 0,63 0,37

PARAMÈTRES DE TRANSPORT COLLECTEUR-DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

| | | |
|---|---|---|
| T1. EPS-CMIN DU HX COLLECTEUR-EMMAGASINEMENT/ SUPERFICIE DE COLLECTEUR.... | 9,69 | BTU/H-$PI^2$-DEG F |
| T2. UA DU TUYAU OU CONDUITE D'ADMISSION DE COLLECTEUR | ,00 | BTU/H-DEG F |
| T3. UA DU TUYAU OU CONDUITE DE SORTIE DE COLLECTEUR. | 0,00 | BTU/H-DEG |
| T4. TAUX DE FUITE DE CONDUITE DE COLLECTEUR (%)..... | 15,00 | |
| T5. EMPLACEMENT DES FUITES DE CONDUITE (1=ADMISSION, 2=SORTIE, 3=LES DEUX). | 3,00 | |

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT

| | | |
|---|---|---|
| S1. CAPACITÉ DE RÉSERVOIR/SUPERFICIE DE COLLECTEUR | 17,12 | BTU/DEG F-PI2 |
| S2. RAPPORT HAUTEUR/DIAMÈTRE DU DISPOSITIF D'EMMAGASINEMENT.. | 2,00 | |
| S3. COEFFICIENT DE PERTES DE CHALEUR..... | 0,09 | BTU/H-PI2-DEG F |
| S4. TEMPÉRATURE ENVIRONNANTE (-1000 POUR TENV=TAMB) | 68,00 | DEG F |
| S5. UA DE RÉSERVOIR AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE..... | 7,58 | BTU/H-DEG F |
| S6. TEMP. ENV. DU RÉSERVOIR AUXILIAIRE D'EAU CHAUDE | 68,00 | DEG F |
| S7. CAPACITÉ DU LIT DE PIERRES/SUPERFICIE DE COLLECTEUR | 17,12 | BTU/DEG F-PI2 |
| S8. VOLUME DE TRANSFORMATION DE PHASE/SUPERFICIE DE COLLECTEUR (X1000). | 246,07 | PI3/PI2 |
| S9. DENSITÉ DE SUBSTANCE QUI CHANGE DE PHASE..... | 91,15 | LB/PI3 |
| S10. FRACTION D'INTERSTICES..... | 0,25 | |
| S11. CHALEUR SPÉCIFIQUE EN PHASE SOLIDE..... | 0,46 | BTU/LB-DEG F |
| S12. CHALEUR SPÉCIFIQUE EN PHASE LIQUIDE..... | 0,78 | BTU/LB-DEG F |
| S13.CHALEUR DE FUSION..... | 107,90 | BTU/LB |
| S14. TEMPÉRATURE DE FUSION..... | 89,60 | DEG F |

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF DE TRANSFERT

| | | |
|---|---|---|
| D1. EPS-CMIN DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR DE CHARGE.. | 2274,72 | BTU/H-DEG F |
| D2. TEMP. MIN. POUR FONCTIONNEMENT DE HX..... | 68,00 | DEG F |
| D3. NUMÉRO DE THERMOPOMPE DE TRANSFERT..... | 2,00 | |
| D4. TEMP. MIN. POUR ABSORBEUR DE THERMOPOMPE..... | 50,00 | DEG F |
| D5. TEMP. DE CONTOURNEMENT DE THERMOPOMPE..... | 104,00 | DEG F |

PARAMÈTRES DE CHARGE

| | | |
|---|---|---|
| L1. UA DU BÂTIMENT..... | 521,29 | BTU/H-DEG F |
| L2. TEMPÉRATURE DE LA PIÈCE..... | 68,00 | DEG F |
| L3. CONSOMMATION D'EAU CHAUDE..... | 79,26 | GAL/JOUR |

L4. TEMP. DÉSIRÉE POUR EAU CHAUDE..... 140,00 DEG F

L5. TEMP. DE L'EAU DU RÉSEAU..... 51,80 DEG F

L6. CHARGE TOTALE DE CHAUFFAGE PAR TRANSFERT OU DE CHAUFFAGE DES PIÈCES....473,90 MBTU/JOUR

L7. HEURES DANS UNE JOURNÉE..... 24,00

L8. TEMPÉRATURE DE RETOUR DE CHARGE..... 69,80 DEG F

PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF AUXILIAIRE

A1. TYPE DE COMBUSTIBLE POUR LE DISP. AUXILIAIRE (1=GAZ, 2=ÉLECT, 3=MAZOUT)..... 2,00

A2. RENDEMENT DU DISPOSITIF AUXILIAIRE..... 1,00

A3. COMBUSTIBLE POUR DISP. AUX. D'EAU CHAUDE (1=GAZ, 2=ÉLECTR, 3=MAZOUT) 2.

A4. RENDEMENT DU CHAUFFE-EAU AUXILIAIRE..... 1,00

A5. NUMÉRO DE LA THERMOPOMPE AUXILIAIRE..... 1.

PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

E1. NIVEAU DE DÉTAIL DES RÉSULTATS ÉCONOMIQUES (1, 2 OU 3)... 2,00

E2. INSTALLATION DE COMPARAISON OU DE RÉFÉRENCE (1 OU 2).. 1,00

E3. CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT (OUI=1, NON=2).. 2,00

E4. BÂTIMENT À REVENU (OUI=1, NON=2)..... 2,00

E5. DÉPRC: STR.LN,=1, DC BAL.=2, SM-YR-DGT=3, AUCUNE=4)..... 1,00

E6. TENIR COMPTE DES CRÉDITS D'IMPÔT FÉDÉRAUX (OUI=1, NON=2).. 1,00

E7. PÉRIODE COUVERTE PAR L'ANALYSE.....20,00 ANS

E8. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION DONNANT DROIT AUX CRÉDITS D'IMPÔT....$6000,00

E9. COÛT DE BASE DE L'INSTALLATION NE DONNANT PAS DROIT AUX CRÉDITS D'IMPÔT.....$ 0,00

E10. AUGMENTATION ANNUELLE EN DEMANDE D'ÉNERGIE ACHETÉE..... 0,00 %/AN

E11. DURÉE DE L'EMPRUNT.....20,00 ANS

E12. PAIEMENT INITIAL (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL )....10,00 %

E13. TAUX D'INTÉRÊT ANNUEL POUR L'EMPRUNT..... 8,00 %

E14. VALEUR DE REVENTE (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL)..... 0,00 %

E15. TAUX D'ESCOMPTE NOMINAL (MARCHÉ) ANNUEL.... 8,00 %

E16. ASSURANCE EXTRA, ENTRETIEN DURANT ANNÉE 1 (% DE L'INVESTISSEMENT ORIGINAL) 1,00 %

E17. % D'AUGMENTATION ANNUEL DES DÉPENSES CI-DESSUS.. 6,00 %

E18. TAUX D'IMPOSITION EFFECTIF FÉDÉRAL-PROVINCIAL...35,00 %

E19. TAUX DE TAXE FONCIÈRE RÉEL PAR $ D'INVESTISSEMENT ORIGINAL..... 2,00 %

E20. % D'AUGMENTATION ANNUEL DU TAUX DE TAXE FONCIÈRE..... 6,00 %/AN

E21. CRÉDIT PROVINCIAL DE PREMIÈRE ÉTAPE..... 24,00 %

E22. MAX. DE PREMIÈRE ÉTAPE POUR CRÉDIT PROVINCIAL...$10000,00

E23. CRÉDIT PROVINCIAL DE SECONDE ÉTAPE..... 0,00 %

E24. MAX. DE SECONDE ÉTAPE POUR CRÉDIT PROVINCIAL...$10000,00

E25. DURÉE DE VIE UTILE AUX FINS DE DÉPRÉCIATION20,00 ANS

E26. % DE TAUX DE DÉPRÉCIATION LINÉAIRE(DÉPRC. À SOLDE DÉCROISSANT)....150,00 %

## A.2 Contraintes associées aux paramètres

Lorsque le programme FCHART procède à des opérations après avoir reçu l'instruction RUN, il procède à la vérification des paramètres associés à l'installation étudiée pour voir si leur valeur est sensée. Souvent, les contraintes imposées à la valeur d'un paramètre devraient être évidentes en raison de la nature du paramètre. À titre d'exemple, l'utilisateur ne peut fournir une valeur négative pour une superficie de collecteur (C1) ou définir une charge que l'on rencontre plus de 24 heures par jour (L7) sans obtenir un message d'erreur. Il y a également des paramètres qui demandent un choix de la part de l'utilisateur; c'est le cas, par exemple, de C11 (axe d'orientation continue d'un collecteur à formation d'image) ou de E1 (niveau de détail des résultats économiques). Le fait de choisir une valeur autre qu'une valeur suggérée par le programme entraînera l'apparition d'un message d'erreur. Certains autres paramètres souffrent de contraintes en raison de corrélations ou hypothèses utilisées dans la méthode de conception et dépendent de l'installation choisie.

### Installations à substance liquide

Pour les installations à substance liquide (chauffage par transfert, chauffage des pièces ou chauffage de l'eau chaude domestique), des contraintes sont imposées à deux paramètres en raison de la nature des méthodes de conception. La capacité de réservoir par unité de superficie de collecteur doit être supérieure ou égale à 150 $kJ/m^2-^oC$ (7,34 $BTU/pi^2-^oF$).

Il est important de noter que lorsque l'on utilise

un échangeur de chaleur comme dispositif de transfert, la température utile minimale (D2) doit être supérieure ou égale à la température d'admission du côté froid de l'échangeur de chaleur (L8) afin de ne pas avoir une valeur négative d'énergie fournie à la charge. Ceci s'applique également à la température de contournement de thermopompe (D5) lorsqu'une thermopompe est utilisée comme dispositif de transfert.

Installations à air

La méthode de conception des installations à air implique une corrélation produite à partir d'un grand nombre de résultats de simulation détaillés. La corrélation ne peut être utilisée que pour des taux de capacité de collecteur par unité de superficie (C10) situés entre 6,09 $W/m^2-^oC$ (1,08 $BTU/h-pi^2-^oF$) et 24,5 $W/m^2-^oC$ (4,32 $BTU/h-pi^2-^oF$). La capacité d'emmagasinement par unité de superficie doit être inférieure ou égale à 1260 $kJ/m^2-^oC$ (60 $BTU/pi^2-^oF$) et supérieure ou égale à 157,5 $kJ/m^2-^oC$ (7,5 $BTU/pi^2-^oF$). Si un lit de pierres est utilisé comme dispositif d'emmagasinement, le paramètre S7 doit se situer entre ces valeurs. Pour un emmagasinement d'énergie par transformation de phase, une capacité effective a été définie par Jurinak (24):

$$(MC_p)_{eff} = M \left\{ \frac{a_1 \lambda}{T_m^2} + (1 + \frac{a_2^2}{T_m^2}) C_S + \frac{a_2^2}{T_m^2} C_L \right\} \qquad (A.1)$$

où

M est la masse de la substance à transformation de phase

$\lambda$ est la chaleur latente (S13)

$T_m$ est la température de fusion (S14)

$C_S$ est la chaleur spécifique en phase solide (S11)

$C_L$ est la chaleur spécifique en phase liquide (S12)

$a_1$ = 18,3 °C (65 °F)

$a_2$ = 4,28 °C (39,7 °F)

L'équation (A.1) n'est valable que pour des températures de fusion (S14) supérieures ou égales à 24 °C (75,2 °F) et inférieures ou égales à 50 °C (122 °F). Avec la contrainte imposée à la capacité d'emmagasinement par unité de superficie utilisée dans la relation (A.1), on peut utiliser les valeurs suivantes, fournies en termes d'autres paramètres, pour le volume de transformation de phase/superficie de collecteur (S8):

$$\frac{(MC_p)_{min}}{(1 - f_V)\rho_S(C_p)_{eff}} \leq V \leq \frac{(MC_p)_{max}}{(1 - f_V)\rho_S(C_p)_{eff}} \qquad (A.2)$$

où

V est le volume de transformation de phase/superficie (S8)

$(MC_p)_{min}$ est le minimum de capacité d'emmagasinement par unité de superficie permis = 157,5 kJ/m$^2$-°C (7,5 BTU/pi$^2$-°F)

$(MC_p)_{max}$ est le maximum de capacité d'emmagasinement par unité de superficie permis = 1260 kJ/m$^2$-°C (60 BTU/pi$^2$-°F)

$f_V$ est la fraction d'interstices dans le dispositif d'emmagasinement par transformation de phase (S10)

$\rho_S$ est la densité de la substance qui change de phase (S9)

$$(C_p)_{eff} = \frac{a_1 \lambda}{T_m^2} + (1 + \frac{a_2^2}{T_m^2})C_S + \frac{a_2^2}{T_m^2}C_L$$

A3. Modèles de feuille de travail

Unités SI

| Plaque unie | CCP | Axe EO d'orient. | Axe NS d'orient. | 2 axes d'orient. | PARAMÈTRES DE COLLECTEUR |
|---|---|---|---|---|---|
| X | X | X | X | X | C1. Superficie de collecteur _____ $m^2$ |
| X | X | X | X | X | C2. Produit FR-UL _____ $W/m^2-^oC$ |
| X | X | X | X | X | C3. FR-TAU-ALPHA (incidence norm.) _____ |
| | X | X | X | X | C4. Rapport de concentrations _____ |
| | X | | | | C5. Demi-angle de réception de CCP _____ |
| X | | | | | C6. Nombre de couvercles _____ |
| X | | | | | C7. Indice de réfraction _____ |
| X | | | | | C8. Coeff. d'attén.·Longueur (KL) _____ |
| X | | | | | C9. Facteur de modif. d'angle d'inc.* _____ |
| X | X | X | X | X | C10. Débit de coll.·Chaleur spéc./ superficie _____ $W/m^2-^oC$ |
| | | X | X | X | C11. Axe d'orientation continue (1=EO, 2=NS, 3=2 axes) _____ |
| X | X | | X | | C12. Pente de collecteur ** _____ degrés |
| X | X | X | | | C13. Azimuth de collecteur** _____ |
| X | X | X | X | X | C14. Coeff. de réflexion du sol** _____ |
| | X | X | X | | C15. Modif. d'angle d'incidence (10,20,30,40,50,60,70, 80 degrés) _____ |

* Si C9 est égal à zéro, C6, C7, et C8 sont utilisés. Si C6 est inférieur ou égal à zéro, C15 est utilisé.

** On peut donner douze valeurs pour C12, C13 et C14. Une seule valeur est nécessaire si ces paramètres ne varient pas de mois en mois.

| Échang. de chal. | Pertes de chal. de tuyaux ou cond. | Fuites d'air | PARAMÈTRES DE TRANSPORT | |
|---|---|---|---|---|
| X | | | T1. EPS-CMIN de HX collecteur-dispositif d'emmagasinement/superficie de coll. | ___ $W/m^2-^oC$ |
| | X | | T2. UA de tuyau ou conduite d'admission de collecteur | ____ $W/^oC$ |
| | X | | T3. UA de tuyau ou conduite de sortie de collecteur | ____ $W/^oC$ |
| | | X | T4. Taux de fuites (%) de la conduite de collecteur | ____ |
| | | X | T5. Emplacement des fuites (1=ADMISSION, 2= SORTIE, 3= LES DEUX) | ____ |

| Eau | Lit de pierres | Transform. de phase | PARAMÈTRES D'EMMAGASINEMENT | |
|---|---|---|---|---|
| X | | | S1. Capacité de réservoir/superficie de coll. | ____ $kJ/m^2-^oC$ |
| X | | | S2. Rapport hauteur/diamètre de dispositif d'emmagasinement | ____ |
| X | | | S3. Coefficient de pertes de chaleur | ____ $W/m^2-^oC$ |
| X | | | S4. Température environnante (-1000 pour TENV=TAMB) | ____ $^oC$ |
| X | X | X | S5. UA* du réservoir auxiliaire d'eau chaude | ____ $W/^oC$ |
| X | X | X | S6. Température environnante du réservoir auxiliaire d'eau chaude* | ____ $^oC$ |
| | X | | S7. Capacité de lit de pierres/superficie de collecteur | ____ $kJ/m^2-^o$ |
| | | X | S8. Volume de transformation de phase/ superficie de collecteur | ____ $m^3/m^2$ |
| | | X | S9. Densité de la substance à transf. de phase | ____ $kg/m^3$ |

PARAMÈTRES D'EMMAGASINEMENT (suite)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X | S10. Fraction d'interstices | _____ |
| | | X | S11. Chaleur spécifique en phase solide | _____ kJ/kg-°C |
| | | X | S12. Chaleur spécifique en phase liquide | _____ kJ/kg-°C |
| | | X | S13. Chaleur de fusion | _____ kJ/kg |
| | | X | S14. Température de fusion | _____ °C |

* S5 et S6 ne sont nécessaires que si l'on traite de chauffage d'eau domestique.

| Échangeur de chaleur | Thermopompe | PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF DE TRANSFERT | |
|---|---|---|---|
| X | X | D1. EPS-CMIN de l'échangeur de chaleur de charge | _____ W/°C |
| X | | D2. Température minimale pour le fonctionnement de Hx | _____ °C |
| | X | D3. Numéro de thermopompe de transfert | _____ |
| | X | D4. Température minimale de l'absorbeur de thermo-pompe | _____ °C |
| | X | D5. Température de contournement de thermopompe | _____ °C |

| Chauff. par trans. | Chauff. des pièces | Chauff. de l'eau | Chauff. combiné | PARAMÈTRES DE CHARGE | |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | | X | L1. UA du bâtiment | _____ W/°C |
| | X | | X | L2. Température de la pièce | _____ °C |
| | | X | X | L3. Consommation d'eau chaude * | _____ L/jour |
| | | X | X | L4. Température désirée pour eau chaude* | _____ °C |
| | | X | X | L5. Température d'eau du réseau* | _____ °C |
| X | X | | X | L6. Charge totale de chauffage par transfert ou chauffage des pièces | _____ MJ/jour |
| X | | | | L7. Heures par jour | _____ |
| X | | | | L8. Température de retour de charge | _____ °C |

* On peut spécifier 12 valeurs pour L3 - L6. Une seule valeur suffit si ces paramètres ne varient pas de mois en mois. Si L6 concerne une installation de chauffage des pièces, L1 et L2 ne sont pas nécessaires.

| Combustible | Thermopompe | PARAMÈTRES AUXILIAIRES | |
|---|---|---|---|
| X | X | A1. Type de combustible pour auxiliaire (1=GAZ, 2=ÉLEC, 3=MAZOUT) | _____ |
| X | X | A2. Rendement du dispositif auxiliaire | _____ |
| X | X | A3. Combustible de disp. aux. pour eau chaude (1=GAZ, 2=ÉLEC, 3=MAZOUT)* | _____ |
| X | X | A4. Rendement du chauffe-eau auxiliaire* | _____ |
| | X | A5. Numéro de thermopompe auxiliaire** | _____ |

*** A3 et A4 sont nécessaires pour chauffage d'eau chaude domestique.**

**** A5 ne concerne que le chauffage des pièces.**

PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

E1. Niveau de détail des résultats économiques (1, 2 ou 3) _____

E2. Système de référence ou de comparaison (1 ou 2) _____

E3. Calcul du taux de rendement (oui=1, non=2) _____

E4. Bâtiment à revenu (oui=1, non=2) _____

E5. DÉPRC:STR,LN=1, DC.BAL.=2, SM-YR-DGT=3, AUCUNE=4 _____

E6. Tenir compte des crédits d'impôt fédéraux (oui=1, non=2) _____

E7. Période pour l'analyse _____ Années

E8. Coût de base d'installation donnant droit aux crédits d'impôt $ _____

E9. Coût de base d'installation ne donnant pas droit aux crédits d'impôt _____

E10. Augmentation annuelle de demande en énergie achetée _____ %/année

E11. Durée de l'emprunt _____ années

E12. Paiement initial (% de l'investissement original) _____ %

E13. Taux d'intérêt annuel pour l'emprunt _____ %

E14. Valeur de revente (% de l'investissement original) _____ %

E15. Taux d'escompte nominal (marché) annuel _____ %

E16. Assur. add., Entretien en année 1 (% de l'investissement original) _____ %

E17. % d'augmentation annuel des dépenses ci-dessus _____ %

E18. Taux d'imposition effectif fédéral-prov. _____ %

E19. Taux réel de taxe foncière par $ d'investissement original _____ %

E20. % d'augmentation annuel du taux de taxe foncière _____ %/année

E21. Crédit provincial de première étape _____ %

E22. Maximum de crédit prov. de première étape $ _____

E23. Crédit provincial de seconde étape _____ %

E24. Maximum de crédit provincial de sec. étape$ _____

E25. Durée de vie utile pour dépréciation _____ années

E26. % de taux de dépréc. lin. (DÉPRC. À SOLDE _____ %

Unités anglaises

| Plaque unie | CCP | Axe d'orient.EO | Axe d'orient.NS | 2 axes d'orient. | PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU COLLECTEUR | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| X | X | X | X | X | C1. Superficie de collecteur | _____ $pi^2$ |
| X | X | X | X | X | C2. Produit FR-UL | _____ BTU/h-$pi^2$-°F |
| X | X | X | X | X | C3. FR-TAU-ALPHA (Incidence normale) | _____ |
| | X | X | X | X | C4. Rapport de concentrations | _____ |
| | X | | | | C5. Demi-angle de réception de CCP | _____ |
| X | | | | | C6. Nombre de couvercles | _____ |
| X | | | | | C7. Indice de réfraction | _____ |
| X | | | | | C8. Coeff. d'attén.·Longueur (kL) | _____ |
| X | | | | | C9. Facteur de modif. d'angle d'incidence* | _____ |
| X | X | X | X | X | C10. Débit de collecteur.chaleur spécif./ superficie | _____ BTU/h-$pi^2$-F |
| | | X | X | X | C11. Axe d'orientation continue (1=EO, 2=NS, 3=2 axes) | _____ |
| X | X | | X | | C12. Pente du collecteur** | _____ Degrés |
| X | X | X | | | C13. Azimuth de collecteur** | _____ Degrés |
| X | X | X | X | X | C14. Coefficient de réflexion du sol** | _____ |
| | X | X | X | | C15. Modificateurs d'angle d'incidence (10,20,30,40,50,60, 70,80 degrés) | _____ |

* Si C9 est nul, C6, C7 et C8 sont utilisés. Si C6 est inférieure ou égal à zéro, on utilise C15.

** On peut fournir douze valeurs pour C12, C13 et C14. Une valeur suffit si ces paramètres ne varient pas de mois en mois.

| Échangeur de chaleur | Perte de chal. de tuyau ou cond. | Fuites d'air | PARAMÈTRES DE TRANSPORT | |
|---|---|---|---|---|
| X | | | T1. EPS-CMIN du HX collecteur-emmagasinement/ superficie de collecteur | _____ BTU/h-pi$^2$-$^o$F |
| | X | | T2. UA de tuyau ou conduite d'admission de collecteur | _____ BTU/h-$^o$F |
| | X | | T3. UA de tuyau ou conduite de sortie de coll. | _____ BTU/h-$^o$F |
| | | X | T4. Taux de fuites de conduite de coll. (%) | _____ |
| | | X | T5. Emplacement des fuites de conduite (1=ADMISSION, 2=SORTIE, 3=LES DEUX) | _____ |

| Eau | Lit de pierres | Transform. de phase | PARAMÈTRES D'EMMAGASINEMENT | |
|---|---|---|---|---|
| X | | | S1. Capacité de réservoir/Superficie de coll. | _____ BTU/pi$^2$-$^o$F |
| X | | | S2. Rapport hauteur/diamètre de dispos. d'emmag. | _____ |
| X | | | S3. Coefficient de pertes de chaleur | _____ BTU/h-pi$^2$-$^o$F |
| X | | | S4. Tempér. environnante (-1000 pour TENV=TAMB) | _____ $^o$F |
| X | X | X | S5. UA de réservoir auxiliaire d'eau chaude* | _____ BTU/h-$^o$F |
| X | X | X | S6. Tempér. env. du réservoir aux. d'eau chaude* | _____ $^o$F |
| | X | | S7. Capacité de lit de pierres/superficie de coll. | ____ BTU/pi$^2$-$^o$F |
| | | X | S8. Volume de transf. de phase/superficie de coll. | ____ pi$^3$/pi$^2$ |
| | | X | S9. Densité de substance à transf. de phase | _____ lb/pi$^3$ |
| | | X | S10. Fraction d'interstices | _____ |
| | | X | S11. Chaleur spécifique en phase solide | _____ BTU/lb-$^o$F |
| | | X | S12. Chaleur spécifique en phase liquide | _____ BTU/lb-$^o$F |
| | | X | S13. Chaleur de fusion | _____ BTU/lb |
| | | X | S14. Température de fusion | _____ $^o$F |

* S5 et S6 ne sont nécessaires que si l'on traite de chauffage d'eau chaude domestique.

| Échangeur de chaleur | Thermopompe | PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU DISPOSITIF DE TRANSFERT | |
|---|---|---|---|
| X | X | D1. EPS-CMIN de l'échangeur de chaleur de charge | _____ BTU/h-pi$^2$ |
| X | | D2. Température minimale pour le fonct. de Hx | _____ $^oF$ |
| | X | D3. Numéro de thermopompe de transfert | _____ |
| | X | D4. Température minimale d'absorbeur de thermop. | _____ $^oF$ |
| | X | D5. Température de contournement de thermopompe | _____ $^oF$ |

| Chauffage par transfert | Chauffage des pièces | Chauffage de l'eau | Chauffage combiné | PARAMÈTRES DE CHARGE | |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | | X | L1. UA de bâtiment | _____ BTU/h-$^oF$ |
| | X | | X | L2. Température de la pièce | _____ $^oF$ |
| | | X | X | L3. Consommation d'eau chaude* | _____ Gall./jour |
| | | X | X | L4. Température désirée pour eau chaude* | _____ $^oF$ |
| | | X | X | L5. Température de l'eau du réseau* | _____ $^oF$ |
| X | X | | X | L6. Charge de chauffage par transfert ou de chauffage des pièces* | _____ MBTU/jour |
| X | | | | L7. Heures par jour | _____ |
| X | | | | L8. Température de retour de charge | _____ $^oF$ |

* On peut spécifier douze valeurs pour les paramètres L3-L6. Il suffit d'une seule valeur si ces paramètres ne varient pas de mois en mois. Si L6 est spécifié pour une installation de chauffage des pièces, alors L1 et L2 ne sont pas nécessaires.

| Combustible | Thermopompe | PARAMÈTRES AUXILIAIRES | |
|---|---|---|---|
| X | X | A1. Type de combustible pour auxiliaire (1=GAZ, 2=ÉLEC, 3=MAZOUT) | _____ |
| X | X | A2. Rendement du dispositif auxiliaire | _____ |
| X | X | A3. Combustible de dispos. aux. d'eau chaude (1=GAZ, 2=ÉLEC, 3=MAZOUT) | _____ |
| X | X | A4. Rendement du chauffe-eau auxiliaire* | _____ |
| | X | A5. Numéro de thermopompe auxiliaire** | _____ |

* A3 et A4 sont nécessaires pour le chauffage d'eau domestique.

** A5 ne concerne que le chauffage des pièces.

PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

E1. Niveau de détail des résultats économiques (1, 2 ou 3) _____

E2. Système de référence ou de comparaison (1 ou 2) _____

E3. Calcul du taux de rendement (oui=1, non=2) _____

E4. Bâtiment à revenu (oui=1, non=2) _____

E5. DÉPRC:STR,LN=1, DC.BAL.=2, SM-YR-DGT=3, AUCUNE=4 _____

E6. Tenir compte des crédits d'impôt fédéraux (oui=1, non=2) _____

E7. Période pour l'analyse _____ Années

E8. Coût de base d'installation donnant droit aux crédits d'impôt $ _____

E9. Coût de base d'installation ne donnant pas droit aux crédits d'impôt _____

E10. Augmentation annuelle de demande en énergie achetée _____ %/année

E11. Durée de l'emprunt _____ années

E12. Paiement initial (% de l'investissement original) _____ %

E13. Taux d'intérêt annuel pour l'emprunt _____ %

E14. Valeur de revente (% de l'investissement original) _____ %

E15. Taux d'escompte nominal (marché) annuel _____ %

E16. Assur. add., Entretien en année 1 (% de l'investissement original) _____ %

E17. % d'augmentation annuel des dépenses ci-dessus _____ %

E18. Taux d'imposition effectif fédéral-prov. _____ %

E19. Taux réel de taxe foncière par $ d'investissement original _____ %

E20. % d'augmentation annuel du taux de taxe foncière _____ %/année

E21. Crédit provincial de première étape _____ %

E22. Maximum de crédit prov. de première étape $ _____

E23. Crédit provincial de seconde étape _____ %

E24. Maximum de crédit provincial de sec. étape$ _____

E25. Durée de vie utile pour dépréciation _____ années

E26. % de taux de dépréc. lin. (DÉPRC. À SOLDE DÉCROISSANT) _____ %

## ANNEXE B

### Données météorologiques utilisées dans FCHART 4.0

Aux pages suivantes, on retrouvera trois types d'énumération des endroits que contient la banque de données météorologiques de FCHART. L'annexe B.1 est constituée d'une liste des 10 villes canadiennes les plus utilisées, villes constituant la banque de données interne. L'annexe B.2 donne la liste des villes par province, en ordre alphabétique, tandis que l'annexe B.3 donne la liste de toutes les villes utilisées, en ordre alphabétique. Dans cette dernière liste, on donne également les valeurs mensuelles des degrés-jours (basés sur 18$^{o}$C), de la température ambiante moyenne ($^{o}$C) et de la quantité de radiation solaire (MJ/m$^{2}$-jour) pour chaque endroit. Chaque nom d'endroit est précédé de son numéro d'appel.

## ANNEXE B.1

### Endroits utilisés par défaut dans la banque interne

| Nº D'APPEL | VILLE | PROVINCE | LATITUDE |
|---|---|---|---|
| 12 | CHARLOTTETOWN | ÎLE-DU-PR.-ÉDOUARD | 46,28 |
| 23 | EDMONTON | ALBERTA | 53,57 |
| 29 | FREDERICTON | NOUVEAU-BRUNSWICK | 45,87 |
| 34 | HALIFAX | NOUVELLE-ÉCOSSE | 44,65 |
| 47 | MONTRÉAL INT'L | QUÉBEC | 45,50 |
| 53 | OTTAWA INT'L | ONTARIO | 45,32 |
| 69 | SASKATOON | SASKATCHEWAN | 52,23 |
| 84 | TORONTO INT'L | ONTARIO | 43,68 |
| 88 | VANCOUVER INT'L | COLOMBIE-BRITANNIQUE | 49,28 |
| 94 | WINNIPEG INT'L | MANITOBA | 49,90 |

## ANNEXE B.2

## LISTE PAR PROVINCE EN ORDRE ALPHABÉTIQUE

### ALBERTA

| | | |
|---|---|---|
| 6 | Banff | ALBERTA |
| 9 | Calgary | ALBERTA |
| 17 | Coronation | ALBERTA |
| 23 | Edmonton | ALBERTA |
| 25 | Fort McMurry | ALBERTA |
| 33 | Grande Prairie | ALBERTA |
| 36 | Jasper | ALBERTA |
| 41 | Lethbridge | ALBERTA |
| 44 | Medicine Hat | ALBERTA |
| 54 | Peace River | ALBERTA |
| 62 | Red Deer | ALBERTA |

### COLOMBIE BRITANNIQUE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Abbotsford | CB |
| 7 | Blue River | CB |
| 10 | Castlegar | CB |
| 16 | Comox | CB |
| 18 | Cranbrook | CB |
| 26 | Fort Nelson | CB |
| 28 | Fort St. John | CB |
| 37 | Kamloops | CB |
| 55 | Penticton | CB |
| 56 | Port Hardy | CB |
| 59 | Prince George | CB |
| 60 | Prince Rupert | CB |
| 65 | Revelstoke | CB |
| 79 | Terrace | CB |
| 88 | Vancouver Int'l | CB |
| 89 | Victoria Int'l | CB |
| 92 | Williams Lake | CB |

### MANITOBA

| | | |
|---|---|---|
| 8 | Brandon | MANITOBA |
| 15 | Churchill | MANITOBA |
| 20 | Dauphin | MANITOBA |
| 80 | The Pas | MANITOBA |
| 81 | Thompson | MANITOBA |
| 94 | Winnipeg Int'l | MANITOBA |

### NOUVEAU-BRUNSWICK

| | | |
|---|---|---|
| 11 | Charlo | NB |
| 13 | Chatham | NB |
| 29 | Fredericton | NB |
| 45 | Moncton | NB |
| 68 | Saint-Jean | NB |

### TERRE-NEUVE

| | | |
|---|---|---|
| 31 | Gander Int'l | TN |
| 32 | Goose Bay | TN |
| 74 | St. John's | TN |
| 75 | Stephenville | TN |

### TERRITOIRES DU NORD-OUEST

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Aklavik | TNO |
| 27 | Fort Smith | TNO |
| 30 | Frobisher Bay | TNO |
| 35 | Inuvik | TNO |
| 64 | Resolute | TNO |
| 96 | Yellowknife | TNO |

### NOUVELLE-ÉCOSSE

| | | |
|---|---|---|
| 34 | Halifax | NE |
| 78 | Sydney | NE |
| 86 | Truro | NE |
| 95 | Yarmouth | NE |

ONTARIO

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Armstrong | ONT |
| 22 | Earlton | ONT |
| 38 | Kapuskasing | ONT |
| 39 | Kenora | ONT |
| 40 | Kingston | ONT |
| 42 | London | ONT |
| 48 | Moosonee | ONT |
| 49 | Mount Forest | ONT |
| 50 | Muskoka | ONT |
| 52 | North Bay | ONT |
| 53 | Ottawa Int'l | ONT |
| 73 | Simco | ONT |
| 76 | Sudbury | ONT |
| 82 | Thunder Bay | ONT |
| 83 | Timmins | ONT |
| 84 | Toronto Int'l | ONT |
| 85 | Trenton | ONT |
| 91 | Wiarton | ONT |
| 93 | Windsor | ONT |

ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

| | | |
|---|---|---|
| 12 | Charlottetown | IPÉ |

QUÉBEC

| | | |
|---|---|---|
| 4 | Bagotville | QUÉ |
| 5 | Baie Comeau | QUÉ |
| 14 | Chibougamau | QUÉ |
| 43 | Maniwaki | QUÉ |
| 46 | Mont Joli | QUÉ |
| 47 | Montréal Int'l | QUÉ |
| 51 | Natashquan | QUÉ |
| 57 | Poste de la Bal. | QUÉ |
| 61 | Québec | QUÉ |
| 66 | Rivière-au-Renard | QUÉ |
| 67 | Rivière-du-Loup | QUÉ |
| 70 | Schefferville | QUÉ |
| 71 | Sept-Îles | QUÉ |
| 72 | Sherbrooke | QUÉ |
| 87 | Val D'or | QUÉ |

SASKATCHEWAN

| | | |
|---|---|---|
| 19 | Cree Lake | SASK |
| 24 | Estevan | SASK |
| 58 | Prince Albert | SASK |
| 63 | Regina | SASK |
| 69 | Saskatoon | SASK |
| 77 | Swift Current | SASK |
| 97 | Yorkton | SASK |

YUKON

| | | |
|---|---|---|
| 21 | Dawson | YUK |
| 90 | White Horse | YUK |

## ANNEXE B.3 DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART

| | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ABBOTSFORD C.-B. (LATITUDE=49.03) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 519 | 390 | 384 | 283 | 183 | 99 | 52 | 52 | 110 | 245 | 370 | 463 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | 1.3 | 4.2 | 5.6 | 8.6 | 12.2 | 14.9 | 16.9 | 16.7 | 14.4 | 10.1 | 5.7 | 3.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3139 | 6279 | 10884 | 16325 | 20721 | 22604 | 23442 | 19465 | 14232 | 7325 | 4019 | 1758 |
| 2 | AKLAVIK T.N.-O. (LATITUDE=68.23) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1445 | 1276 | 1245 | 927 | 574 | 255 | 140 | 225 | 432 | 787 | 1126 | 1405 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -29.0 | -27.0 | -22.0 | -13.0 | 0.0 | 10.0 | 14.0 | 11.0 | 4.0 | -7.0 | -19.0 | -27.0 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 167 | 1926 | 7535 | 15697 | 20302 | 22060 | 18544 | 12265 | 6446 | 2344 | 419 | 251 |
| 3 | ARMSTRONG ONT. (LATITUDE=50.28) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 758 | 580 | 502 | 302 | 165 | 68 | 22 | 36 | 147 | 343 | 513 | 659 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -6.4 | -2.5 | 1.8 | 7.9 | 12.7 | 16.4 | 19.2 | 17.9 | 13.2 | 6.9 | .8 | -3.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5107 | 8791 | 14149 | 18167 | 19674 | 22186 | 22186 | 18000 | 11846 | 7116 | 4730 | 3474 |
| 4 | BAGOTVILLE QUÉ. (LATITUDE=48.33) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1046 | 893 | 762 | 485 | 243 | 100 | 45 | 74 | 198 | 382 | 587 | 921 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -15.7 | -13.6 | -6.7 | 1.9 | 9.1 | 15.2 | 17.8 | 16.5 | 11.6 | 5.8 | -1.6 | -11.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5232 | 8581 | 14651 | 16953 | 18837 | 20930 | 19883 | 16744 | 12223 | 7535 | 4312 | 3851 |
| 5 | BAIE COMEAU QUÉ. (LATITUDE=49.23) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 988 | 869 | 769 | 543 | 357 | 174 | 93 | 121 | 230 | 408 | 585 | 858 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -14.1 | -13.1 | -6.8 | .3 | 6.7 | 12.6 | 15.8 | 15.1 | 10.2 | 5.2 | -1.6 | -10.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4395 | 8246 | 13604 | 17456 | 18418 | 20177 | 19214 | 15991 | 11679 | 7325 | 4060 | 3349 |
| 6 | BANFF ALB. (LATITUDE=51.18) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 906 | 693 | 675 | 470 | 327 | 207 | 114 | 145 | 268 | 427 | 653 | 834 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -11.2 | -6.8 | -3.8 | 2.3 | 7.5 | 11.2 | 14.5 | 13.4 | 9.1 | 4.2 | -3.8 | -8.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4102 | 7535 | 12851 | 17456 | 20511 | 23023 | 24530 | 20051 | 14525 | 8665 | 4646 | 3056 |
| 7 | [illegible] RIVER C.-B. (LATITUDE=52.12) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 878 | 644 | 599 | 435 | 262 | 130 | 69 | 97 | 219 | 419 | 600 | 767 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -10.6 | -4.3 | -1.4 | 3.9 | 9.6 | 13.7 | 16.4 | 15.4 | 11.0 | 6.0 | -2.4 | -6.9 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3558 | 7032 | 11721 | 16953 | 20972 | 23442 | 23023 | 19256 | 15572 | 7451 | 3642 | 2637 |
| 8 | BRANDON MAN. (LATITUDE=49.58) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1144 | 934 | 831 | 453 | 254 | 86 | 24 | 46 | 195 | 382 | 699 | 989 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -18.6 | -15.3 | -8.7 | 2.6 | 9.9 | 15.7 | 18.9 | 17.7 | 11.7 | 5.6 | -5.3 | -13.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5232 | 9167 | 14191 | 18125 | 20930 | 23023 | 23609 | 19758 | 13772 | 9084 | 4898 | 3893 |
| 9 | CALGARY INT'L ALB. (LATITUDE=51.10) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 899 | 719 | 691 | 439 | 269 | 150 | 65 | 97 | 221 | 383 | 619 | 793 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -10.9 | -7.4 | -4.3 | 3.3 | 9.3 | 13.2 | 16.5 | 15.2 | 10.7 | 5.7 | -2.6 | -7.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4312 | 7912 | 13270 | 17456 | 20511 | 23023 | 24739 | 20051 | 14651 | 8916 | 4898 | 3265 |
| 10 | CASTLEGAR C.-B. (LATITUDE=49.33) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 677 | 546 | 477 | 293 | 144 | 62 | 9 | 27 | 115 | 313 | 482 | 606 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -3.8 | -1.2 | 2.6 | 8.3 | 13.4 | 16.8 | 20.6 | 19.6 | 14.5 | 7.9 | 1.9 | -1.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4186 | 7200 | 12391 | 17163 | 21349 | 23274 | 25138 | 20930 | 14860 | 8791 | 4646 | 3056 |
| 11 | CHARLO N.-B. (LATITUDE=48.00) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 899 | 795 | 695 | 471 | 285 | 107 | 31 | 54 | 172 | 351 | 530 | 791 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -11.7 | -11.1 | -5.9 | .7 | 7.4 | 13.1 | 17.2 | 15.7 | 11.0 | 5.4 | -.7 | -8.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4605 | 8330 | 13060 | 16200 | 18628 | 20302 | 19632 | 14577 | 12558 | 7870 | 4228 | 3642 |
| 12 | CHARLOTTETOWN Î.-P.-É. (LATITUDE=46.28) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 767 | 714 | 657 | 470 | 292 | 126 | 27 | 37 | 130 | 290 | 441 | 672 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.7 | -7.2 | -3.2 | 2.3 | 8.6 | 14.1 | 18.4 | 17.9 | 13.9 | 8.6 | 3.3 | -3.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5517 | 8870 | 12907 | 15959 | 18224 | 20657 | 20453 | 17712 | 12633 | 8040 | 4974 | 3782 |
| | CHATHAM N.-B. (LATITUDE=47.03) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 848 | 755 | 663 | 451 | 266 | 101 | 24 | 43 | 148 | 325 | 502 | 758 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -3.9 | -3.4 | 1.2 | 7.9 | 13.9 | 19.9 | 22.3 | 21.2 | 17.4 | 11.8 | 4.8 | -1.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4646 | 8283 | 12558 | 15697 | 18628 | 20470 | 19883 | 17163 | 13739 | 8288 | 4521 | 3893 |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | CHIBOUGAMAU QUÉ. (LATITUDE=49.90) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1166 | 1016 | 875 | 582 | 371 | 162 | 89 | 123 | 242 | 440 | 670 | [illegible] |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -19.7 | -17.8 | -10.2 | -1.4 | 6.1 | 12.9 | 15.8 | 14.5 | 9.9 | 3.7 | -4.3 | [illegible] |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4814 | 8539 | 14567 | 17121 | 18670 | 20946 | 18837 | 13898 | 11511 | 6698 | 3935 | 3307 |
| 15 | CHURCHILL MAN. (LATITUDE=58.78) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1414 | 1262 | 1187 | 871 | 630 | 359 | 194 | 204 | 366 | 590 | 902 | 1234 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -27.6 | -26.7 | -20.3 | -11.0 | -2.3 | 6.1 | 12.0 | 11.5 | 5.7 | -1.0 | -11.9 | -21.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 2278 | 5774 | 12277 | 19055 | 20573 | 22084 | 20779 | 15832 | 9022 | 4280 | 2364 | 1541 |
| 16 | COMOX C.-B. (LATITUDE=49.72) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 494 | 398 | 404 | 303 | 185 | 93 | 63 | 51 | 129 | 276 | 380 | 448 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | 2.1 | 3.9 | 4.9 | 7.9 | 12.1 | 15.2 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 9.1 | 5.4 | 3.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3056 | 5944 | 10381 | 15823 | 20093 | 21976 | 22814 | 18418 | 13395 | 6572 | 3767 | 2302 |
| 17 | CORONATION ALB. (LATITUDE=52.10) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1061 | 854 | 779 | 463 | 246 | 124 | 49 | 80 | 221 | 410 | 696 | 922 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -16.2 | -12.2 | -7.1 | 2.6 | 10.1 | 14.2 | 17.4 | 16.1 | 10.7 | 4.8 | -5.2 | -11.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4186 | 7912 | 13604 | 18209 | 20946 | 23442 | 23860 | 19172 | 13814 | 8581 | 4605 | 3181 |
| 18 | CRANBROOK C.-B. (LATITUDE=49.50) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 829 | 641 | 577 | 367 | 227 | 118 | 41 | 61 | 185 | 378 | 590 | 748 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -8.9 | -4.7 | -.6 | 5.9 | 10.7 | 14.3 | 17.8 | 16.8 | 11.9 | 5.8 | -1.8 | -6.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4395 | 7744 | 13018 | 17372 | 21390 | 23858 | 25242 | 20972 | 14860 | 9125 | 5065 | 3265 |
| 19 | CREE LAKE SASK. (LATITUDE=57.38) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1351 | 1092 | 987 | 581 | 327 | 128 | 83 | 117 | 333 | 536 | 877 | 1215 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -23.7 | -19.5 | -12.3 | -1.7 | 6.3 | 12.5 | 16.2 | 14.7 | 8.3 | 2.1 | -11.1 | -19.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 2637 | 6405 | 10381 | 19088 | 22604 | 23274 | 21935 | 17330 | 10423 | 5860 | 2763 | 1842 |
| 20 | DAUPHIN MAN. (LATITUDE=51.15) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1159 | 950 | 849 | 485 | 261 | 98 | 32 | 54 | 198 | 370 | 693 | [illegible] |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -18.6 | -15.5 | -9.2 | 2.3 | 9.8 | 15.4 | 18.6 | 17.4 | 11.6 | 6.1 | -5.1 | -13.9 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4814 | 8791 | 13939 | 18000 | 20511 | 22437 | 22939 | 19339 | 12977 | 8205 | 4395 | 3726 |
| 21 | DAWSON YUK. (LATITUDE=64.07) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1443 | 1152 | 996 | 593 | 318 | 127 | 81 | 166 | 347 | 659 | 1039 | 1353 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -28.6 | -23.0 | -14.1 | -1.8 | 7.8 | 13.9 | 15.5 | 12.7 | 6.4 | -3.2 | -16.5 | -25.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 879 | 2888 | 8791 | 15070 | 19256 | 21139 | 18921 | 13604 | 7367 | 3349 | 1214 | 335 |
| 22 | EARLTON ONT. (LATITUDE=47.70) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1058 | 898 | 792 | 483 | 274 | 106 | 52 | 84 | 204 | 375 | 607 | 934 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -16.1 | -13.8 | -7.5 | 1.9 | 9.3 | 15.2 | 17.7 | 16.2 | 11.4 | 5.9 | -2.2 | -11.9 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5358 | 8874 | 14651 | 17163 | 19674 | 22437 | 21349 | 17665 | 12349 | 7744 | 4060 | 3600 |
| 23 | EDMONTON ALB. (LATITUDE=53.57) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1016 | 806 | 727 | 421 | 222 | 109 | 47 | 82 | 215 | 388 | 646 | 890 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -14.7 | -10.5 | -5.4 | 4.0 | 10.9 | 14.7 | 17.5 | 15.9 | 10.9 | 5.4 | -4.2 | -10.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3735 | 7063 | 12610 | 17488 | 20937 | 22537 | 23195 | 18084 | 13066 | 8063 | 4195 | 2781 |
| 24 | ESTEVAN SASK. (LATITUDE=49.20) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1050 | 854 | 750 | 423 | 228 | 84 | 20 | 37 | 177 | 385 | 653 | 911 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -15.8 | -12.6 | -6.3 | 3.9 | 10.9 | 16.0 | 19.9 | 18.8 | 12.5 | 6.6 | -3.7 | -11.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5442 | 9209 | 14442 | 18377 | 21349 | 23442 | 24697 | 20428 | 14651 | 9670 | 5358 | 4186 |
| 25 | FORT MCMURRAY ALB. (LATITUDE=56.65) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1237 | 978 | 850 | 497 | 279 | 141 | 69 | 112 | 271 | 463 | 795 | 1086 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -21.5 | -16.6 | -9.4 | 1.2 | 9.0 | 13.5 | 16.3 | 14.7 | 9.0 | 2.1 | -8.4 | -16.[illegible] |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 2679 | 6446 | 12139 | 18921 | 20888 | 23232 | 21976 | 17665 | 11093 | 6363 | 3181 | 2[illegible] |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | FORT NELSON C.-B. (LATITUDE=58.83) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1276 | 994 | 843 | 505 | 259 | 112 | 58 | 107 | 275 | 523 | 910 | 1201 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -23.2 | -17.1 | -9.2 | 1.2 | 9.7 | 14.5 | 16.7 | 14.8 | 8.8 | 1.2 | -12.3 | -20.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 1666 | 4725 | 9800 | 16117 | 19171 | 19899 | 19799 | 15485 | 10574 | 5268 | 2122 | 1097 |
| 27 | FORT SMITH T.N.-O. (LATITUDE=60.00) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1403 | 1145 | 1010 | 637 | 336 | 153 | 79 | 124 | 310 | 542 | 897 | 1216 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -26.9 | -22.6 | -14.6 | -3.2 | 7.1 | 13.1 | 16.1 | 14.3 | 7.7 | .5 | -11.8 | -21.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 1677 | 4450 | 10397 | 17179 | 20261 | 21535 | 20419 | 16153 | 9837 | 4499 | 1667 | 987 |
| 28 | FORT ST. JOHN C.-B. (LATITUDE=56.25) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1093 | 846 | 758 | 465 | 254 | 136 | 77 | 112 | 242 | 430 | 736 | 970 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -17.2 | -11.9 | -6.4 | 2.5 | 9.8 | 13.6 | 15.9 | 14.7 | 9.9 | 4.2 | -6.5 | -13.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 2553 | 5819 | 11511 | 16493 | 19800 | 22604 | 21349 | 17246 | 11051 | 6279 | 3139 | 1800 |
| 29 | FREDERICTON N.-B. (LATITUDE=45.87) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 833 | 737 | 635 | 418 | 235 | 80 | 21 | 39 | 147 | 315 | 489 | 750 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -8.8 | -8.1 | -2.4 | 4.2 | 10.6 | 16.1 | 19.2 | 18.1 | 13.4 | 7.8 | 1.7 | -6.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5476 | 8765 | 12484 | 15483 | 17890 | 20051 | 19654 | 17389 | 12973 | 8611 | 4988 | 4087 |
| 30 | FROBISHER BAY N.T.-O. (LATITUDE=63.75) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1349 | 1236 | 1254 | 962 | 660 | 434 | 312 | 342 | 467 | 706 | 912 | 1191 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -26.2 | -25.2 | -22.3 | -14.0 | -3.3 | 3.5 | 7.9 | 6.9 | 2.4 | -4.7 | -12.4 | -20.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 844 | 3454 | 9218 | 17640 | 22201 | 19885 | 16037 | 13121 | 7479 | 3349 | 1059 | 396 |
| 31 | GANDER INT'L T.-N. (LATITUDE=48.95) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 747 | 687 | 669 | 516 | 362 | 202 | 73 | 84 | 189 | 362 | 483 | 665 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -6.1 | -6.3 | -3.6 | .8 | 6.3 | 11.4 | 16.5 | 15.8 | 11.8 | 6.3 | 1.9 | -3.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3726 | 6698 | 10884 | 14232 | 17163 | 18418 | 18209 | 15697 | 11930 | 7367 | 3809 | 2553 |
| 32 | GOOSE BAY T.-N. (LATITUDE=53.32) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1065 | 914 | 821 | 594 | 407 | 214 | 91 | 118 | 248 | 458 | 650 | 942 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -16.3 | -14.4 | -8.4 | -1.8 | 4.9 | 11.1 | 15.8 | 14.5 | 9.8 | 3.2 | -3.6 | -12.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3545 | 7008 | 11434 | 15922 | 18124 | 18742 | 17704 | 14604 | 10173 | 6032 | 3181 | 2578 |
| 33 | GRANDE PRAIRIE ALB. (LATITUDE=55.17) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1095 | 861 | 790 | 469 | 249 | 133 | 75 | 107 | 236 | 431 | 731 | 968 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -17.3 | -12.4 | -7.4 | 2.4 | 10.0 | 13.7 | 16.0 | 14.8 | 10.2 | 4.2 | -6.3 | -13.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3684 | 6363 | 10465 | 16409 | 20428 | 26749 | 24679 | 21097 | 12809 | 6823 | 3391 | 2135 |
| 34 | HALIFAX N.-É. (LATITUDE=44.65) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 719 | 659 | 608 | 431 | 267 | 119 | 28 | 37 | 141 | 280 | 423 | 643 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -3.2 | -3.3 | .1 | 4.8 | 9.7 | 14.4 | 18.3 | 18.6 | 15.6 | 10.7 | 5.7 | -.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5176 | 7886 | 12313 | 14728 | 17274 | 19728 | 19222 | 17957 | 13743 | 9216 | 5250 | 3764 |
| 35 | INUVIK T.N.-O. (LATITUDE=68.30) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1506 | 1337 | 1320 | 966 | 584 | 244 | 147 | 231 | 458 | 801 | 1189 | 1391 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -29.3 | -29.4 | -23.8 | -14.6 | -.8 | 9.8 | 13.3 | 10.3 | 2.7 | -7.2 | -20.6 | -27.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 208 | 1951 | 7463 | 15557 | 20345 | 21962 | 18764 | 12183 | 6363 | 2392 | 420 | 28 |
| 36 | JASPER ALB. (LATITUDE=52.88) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 936 | 694 | 643 | 440 | 288 | 166 | 96 | 126 | 242 | 411 | 654 | 836 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -12.2 | -6.6 | -2.7 | 3.3 | 8.7 | 12.5 | 15.2 | 14.1 | 9.9 | 4.8 | -3.8 | -9.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3349 | 6949 | 11721 | 17163 | 20930 | 23232 | 22856 | 18921 | 15279 | 7451 | 3935 | 2553 |
| 37 | KAMLOOPS C.-B. (LATITUDE=50.68) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 742 | 543 | 458 | 272 | 128 | 41 | 11 | 20 | 106 | 298 | 495 | 642 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -6.0 | -1.3 | 3.6 | 9.3 | 14.3 | 18.0 | 20.9 | 19.7 | 15.0 | 8.4 | 1.7 | -2.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3349 | 6405 | 11511 | 16744 | 20553 | 23232 | 23316 | 19423 | 13688 | 7493 | 3977 | 2637 |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | FORT NELSON C.-B. (LATITUDE=58.83) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1276 | 994 | 843 | 505 | 259 | 112 | 58 | 107 | 275 | 523 | 910 | 1201 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -23.2 | -17.1 | -9.2 | 1.2 | 9.7 | 14.5 | 16.7 | 14.8 | 8.8 | 1.2 | -12 | 7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 1666 | 4725 | 9800 | 16117 | 19171 | 19899 | 19799 | 15485 | 10574 | 5268 | 2122 | 1097 |
| 27 | FORT SMITH T.N.-O. (LATITUDE=60.00) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1403 | 1145 | 1010 | 637 | 396 | 153 | 79 | 126 | 310 | 542 | 897 | 1216 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -26.9 | -22.6 | -14.6 | -3.2 | 7.1 | 13.1 | 16.1 | 14.3 | 7.7 | .5 | -11.8 | -21.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 1677 | 4450 | 10397 | 17179 | 20261 | 21535 | 20419 | 16153 | 9837 | 4499 | 1667 | 987 |
| 28 | PORT ST. JOHN C.-B. (LATITUDE=56.25) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1093 | 846 | 758 | 465 | 254 | 136 | 77 | 112 | 242 | 430 | 736 | 970 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -17.2 | -11.9 | -6.4 | 2.5 | 9.8 | 13.6 | 15.9 | 14.7 | 9.9 | 4.2 | -6.5 | -13.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 2553 | 5819 | 11511 | 16493 | 19800 | 22604 | 21349 | 17246 | 11051 | 6279 | 3139 | 1800 |
| 29 | FREDERICTON N.-B. (LATITUDE=45.87) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 833 | 737 | 635 | 418 | 235 | 80 | 21 | 39 | 147 | 315 | 489 | 750 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -8.8 | -8.1 | -2.4 | 4.2 | 10.6 | 16.1 | 19.2 | 18.1 | 13.4 | 7.8 | 1.7 | -6.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5476 | 8765 | 12484 | 15483 | 17890 | 20051 | 19654 | 17389 | 12973 | 8611 | 4988 | 4087 |
| 30 | FROBISHER BAY N.T.-O. (LATITUDE=63.75) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1369 | 1236 | 1254 | 962 | 660 | 434 | 312 | 342 | 467 | 706 | 912 | 1191 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -26.2 | -25.2 | -22.3 | -14.0 | -3.3 | 3.5 | 7.9 | 6.9 | 2.4 | -4.7 | -12.4 | -20.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 844 | 3454 | 9218 | 17640 | 22201 | 19885 | 16037 | 13121 | 7479 | 3349 | 1059 | 396 |
| 31 | GANDER INT'L T.-N. (LATITUDE=48.95) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 747 | 687 | 669 | 516 | 362 | 202 | 73 | 84 | 189 | 362 | 483 | 665 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -6.1 | -6.3 | -3.6 | .8 | 6.3 | 11.4 | 16.5 | 15.8 | 11.8 | 6.3 | 1.9 | -3.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3726 | 6698 | 10884 | 14232 | 17163 | 18418 | 18209 | 15697 | 11930 | 7367 | 3809 | 2553 |
| 32 | GOOSE BAY T.-N. (LATITUDE=53.32) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1065 | 914 | 821 | 594 | 407 | 214 | 91 | 118 | 248 | 458 | 650 | 42 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -16.3 | -14.4 | -8.4 | -1.8 | 4.9 | 11.1 | 15.8 | 14.5 | 9.8 | 3.2 | -3.6 | -12.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3545 | 7008 | 11434 | 15922 | 18124 | 18742 | 17704 | 14604 | 10173 | 6032 | 3181 | 2578 |
| 33 | GRANDE PARIRIE ALB. (LATITUDE=55.17) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1095 | 861 | 790 | 469 | 249 | 133 | 75 | 107 | 236 | 431 | 731 | 968 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -17.3 | -12.4 | -7.4 | 2.4 | 10.0 | 13.7 | 16.0 | 14.8 | 10.2 | 4.2 | -6.3 | -13.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3684 | 6363 | 10465 | 16409 | 20428 | 26749 | 24679 | 21097 | 12809 | 6823 | 3391 | 2135 |
| 34 | HALIFAX N.-É. (LATITUDE=44.65) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 719 | 659 | 608 | 431 | 267 | 119 | 28 | 37 | 141 | 280 | 423 | 643 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -3.2 | -3.3 | .1 | 4.8 | 9.7 | 14.4 | 18.3 | 18.6 | 15.6 | 10.7 | 5.7 | -.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5176 | 7886 | 12313 | 14728 | 17274 | 19728 | 19222 | 17957 | 13743 | 9216 | 5250 | 3764 |
| 35 | INUVIK T.N.-O. (LATITUDE=68.30) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1506 | 1337 | 1320 | 966 | 594 | 244 | 147 | 231 | 458 | 801 | 1189 | 1391 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -29.3 | -29.4 | -23.8 | -14.6 | -.8 | 9.8 | 13.3 | 10.3 | 2.7 | -7.2 | -20.6 | -27.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 208 | 1951 | 7463 | 15557 | 20345 | 21962 | 18764 | 12183 | 6363 | 2392 | 420 | 28 |
| 36 | JASPER ALB. (LATITUDE=52.88) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 936 | 694 | 643 | 440 | 288 | 166 | 96 | 126 | 242 | 411 | 654 | 836 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -12.2 | -6.6 | -2.7 | 3.3 | 8.7 | 12.5 | 15.2 | 14.1 | 9.9 | 4.8 | -3.8 | -9.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3349 | 6949 | 11721 | 17163 | 20930 | 23232 | 22856 | 18921 | 15279 | 7451 | 3935 | 2553 |
| 37 | KAMLOOPS C.-B. (LATITUDE=50.68) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 742 | 543 | 458 | 272 | 128 | 41 | 11 | 20 | 106 | 298 | 495 | 642 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -6.0 | -1.3 | 3.6 | 9.3 | 14.3 | 18.0 | 20.9 | 19.7 | 15.0 | 8.4 | 1.7 | -2.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3949 | 6405 | 11511 | 16744 | 20533 | 23232 | 23816 | 19423 | 13689 | 7493 | 397 | 27 |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | APUSKASING ONT. (LATITUDE=49.42) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1123 | 956 | 841 | 521 | 319 | 136 | 70 | 105 | 232 | 401 | 667 | 995 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -18.2 | -15.8 | -9.1 | .6 | 7.8 | 14.1 | 16.9 | 15.3 | 10.4 | 5.1 | -4.2 | -14.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 4646 | 7828 | 13228 | 16409 | 18209 | 21767 | 20944 | 16702 | 11763 | 6865 | 3642 | 3433 |
| 39 | KENORA ONT. (LATITUDE=49.80) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1109 | 924 | 776 | 466 | 259 | 91 | 27 | 47 | 196 | 373 | 678 | 986 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -17.7 | -14.7 | -7.0 | 2.5 | 9.8 | 15.7 | 19.1 | 17.8 | 11.7 | 6.0 | -4.6 | -13.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5274 | 9209 | 14442 | 18000 | 19883 | 22604 | 22939 | 19172 | 12642 | 8205 | 5023 | 3767 |
| 40 | KINGSTON ONT. (LATITUDE=44.25) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 784 | 699 | 598 | 367 | 202 | 49 | 6 | 17 | 100 | 243 | 427 | 685 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -7.1 | -7.7 | -2.1 | 5.3 | 12.1 | 17.2 | 20.6 | 19.8 | 16.3 | 9.8 | 3.8 | -3.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5442 | 8372 | 12893 | 15907 | 20302 | 21767 | 21767 | 19046 | 14651 | 9418 | 5023 | 4186 |
| 41 | LETHBRIDGE ALB. (LATITUDE=49.70) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 851 | 666 | 634 | 383 | 221 | 106 | 29 | 48 | 168 | 323 | 560 | 729 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -9.4 | -5.6 | -2.4 | 5.3 | 10.9 | 14.9 | 18.8 | 17.6 | 12.7 | 7.6 | -.7 | -5.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 4772 | 8372 | 13688 | 17832 | 21516 | 23986 | 25493 | 21432 | 15404 | 10046 | 5651 | 3516 |
| 42 | LONDON ONT. (LATITUDE=42.98) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 746 | 668 | 582 | 342 | 183 | 48 | 12 | 22 | 98 | 251 | 446 | 670 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -6.0 | -5.6 | -.7 | 6.6 | 12.3 | 18.2 | 20.5 | 19.7 | 15.7 | 9.9 | 3.1 | -3.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5274 | 8372 | 12558 | 15907 | 20511 | 22814 | 22604 | 18795 | 14860 | 10256 | 5274 | 4605 |
| 43 | MANIWAKI QUÉ. (LATITUDE=46.38) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 975 | 841 | 722 | 426 | 240 | 87 | 40 | 67 | 176 | 346 | 539 | 860 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -13.4 | -11.8 | -5.3 | 3.8 | 10.4 | 15.8 | 18.1 | 16.8 | 12.4 | 6.8 | .1 | -9.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5274 | 8791 | 14442 | 16325 | 19883 | 22479 | 21265 | 17790 | 13479 | 8581 | 4646 | 3977 |
| | MEDICINE HAT ALB. (LATITUDE=50.02) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 934 | 739 | 659 | 361 | 189 | 79 | 17 | 34 | 157 | 324 | 588 | 793 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -12.1 | -8.1 | -3.2 | 5.9 | 12.1 | 16.1 | 20.2 | 18.9 | 13.2 | 7.6 | -1.6 | -7.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5023 | 8539 | 14149 | 17790 | 21265 | 23190 | 25138 | 20930 | 15498 | 9879 | 5358 | 3893 |
| 45 | MONCTON N.-B. (LATITUDE=46.10) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 806 | 722 | 647 | 447 | 261 | 109 | 26 | 44 | 145 | 308 | 472 | 722 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -8.1 | -7.7 | -2.8 | 3.6 | 9.8 | 14.9 | 18.6 | 17.5 | 13.2 | 7.8 | 2.3 | -3.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 4479 | 7786 | 12223 | 15572 | 18460 | 19256 | 19925 | 17121 | 13018 | 9042 | 4437 | 3809 |
| 46 | MONT JOLI QUÉ. (LATITUDE=48.60) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 900 | 798 | 713 | 487 | 305 | 129 | 57 | 77 | 191 | 363 | 538 | 795 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -11.1 | -10.2 | -4.9 | 1.8 | 8.2 | 14.1 | 17.2 | 16.1 | 11.8 | 6.3 | .1 | -7.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 4730 | 8456 | 13604 | 16828 | 18670 | 20428 | 19674 | 16618 | 12432 | 7535 | 4186 | 3604 |
| 47 | MONTRÉAL INTL' QUÉ. (LATITUDE=45.50) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 865 | 757 | 636 | 369 | 168 | 38 | 7 | 20 | 106 | 269 | 471 | 765 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -9.9 | -8.8 | -2.3 | 5.9 | 12.8 | 18.5 | 21.2 | 19.9 | 15.3 | 9.4 | 2.3 | -4.6 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5337 | 8540 | 12435 | 16082 | 18818 | 20103 | 20952 | 17130 | 13170 | 8244 | 4474 | 3815 |
| 48 | MOOSONEE ONT. (LATITUDE=51.27) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1183 | 1020 | 928 | 608 | 392 | 200 | 106 | 130 | 264 | 414 | 674 | 1032 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -20.2 | -18.1 | -11.9 | -2.3 | 5.4 | 11.8 | 15.5 | 14.4 | 10.0 | 4.7 | -4.3 | -15.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 4261 | 8182 | 12734 | 16637 | 18194 | 20207 | 18438 | 15195 | 10855 | 6165 | 3372 | 3114 |
| 49 | MOUNT FOREST ONT. (LATITUDE=43.97) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 828 | 755 | 654 | 406 | 245 | 91 | 41 | 61 | 140 | 299 | 490 | 745 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -8.7 | -8.7 | -3.1 | 4.5 | 10.2 | 15.9 | 18.0 | 17.2 | 12.8 | 8.2 | 1.7 | -4.0 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5274 | 8288 | 12474 | 15907 | 20302 | 23023 | 22604 | 18837 | 14451 | 9544 | 5023 | 4060 |
| 50 | MUSKOKA ONT. (LATITUDE=44.97) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 869 | 763 | 674 | 401 | 230 | 80 | 33 | 51 | 150 | 306 | 585 | 775 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -10.0 | -9.0 | -3.7 | 4.7 | 10.7 | 16.2 | 18.5 | 17.6 | 13.5 | 8.1 | 1.2 | -4.9 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | | 5274 | 8372 | 12767 | 16116 | 21139 | 23023 | 22604 | 18711 | 14149 | 9418 | 4814 | 3726 |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | | JANV. | FÉV. | MARS | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 63 | REGINA SASK. (LATITUDE=50.45) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1094 | 914 | 817 | 441 | 234 | 97 | 29 | 46 | 198 | 394 | 697 | [illegible] |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -17.3 | -14.3 | -8.3 | 3.3 | 10.6 | 15.3 | 18.9 | 17.9 | 11.6 | 5.3 | -5.2 | [illegible] |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5149 | 8791 | 14442 | 18418 | 21139 | 23065 | 20438 | 20093 | 14232 | 9209 | 5065 | 3767 |
| 64 | RESOLUTE T.N.-O. (LATITUDE=74.68) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1567 | 1456 | 1527 | 1232 | 889 | 549 | 425 | 474 | 687 | 1016 | 1275 | 1452 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -32.6 | -33.5 | -31.3 | -23.1 | -10.7 | -.3 | 4.3 | 2.7 | -4.9 | -14.7 | -24.2 | -28.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 0 | 635 | 5261 | 14741 | 23221 | 25039 | 18389 | 11147 | 5216 | 1270 | 73 | 0 |
| 65 | REVELSTOKE C.-B. (LATITUDE=51.00) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 742 | 561 | 500 | 323 | 163 | 68 | 21 | 26 | 120 | 344 | 516 | 669 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -7.4 | -3.0 | .6 | 6.3 | 12.6 | 15.8 | 18.6 | 17.3 | 12.9 | 6.8 | 1.1 | -3.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3767 | 7032 | 11846 | 17163 | 21139 | 23358 | 23002 | 19083 | 14149 | 7953 | 4395 | 3358 |
| 66 | RIVIERE AU REN QUÉ. (LATITUDE=49.02) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 849 | 788 | 717 | 523 | 351 | 160 | 77 | 92 | 201 | 371 | 520 | 738 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -9.6 | -9.7 | -5.4 | -.1 | 6.3 | 12.2 | 16.4 | 15.7 | 11.5 | 6.4 | .7 | -6.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3935 | 5358 | 10381 | 15697 | 17832 | 18414 | 18837 | 15697 | 11637 | 7325 | 3809 | 3014 |
| 67 | RIVIÈRE-DU-LOUP QUÉ. (LATITUDE=47.80) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 936 | 826 | 726 | 491 | 294 | 120 | 51 | 84 | 196 | 374 | 555 | 831 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -12.3 | -11.6 | -5.6 | 1.2 | 8.4 | 14.0 | 17.2 | 15.7 | 11.5 | 5.9 | -.7 | -8.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5023 | 8623 | 13939 | 16786 | 18837 | 20804 | 19800 | 16744 | 12558 | 7870 | 4479 | 3935 |
| 68 | SAINT JOHN N.-B. (LATITUDE=45.27) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 790 | 721 | 640 | 447 | 286 | 135 | 49 | 62 | 162 | 313 | 464 | 702 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -7.1 | -6.6 | -1.4 | 4.1 | 9.6 | 13.7 | 17.1 | 17.2 | 14.0 | 8.9 | 3.1 | -4.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5274 | 8581 | 12893 | 15697 | 18628 | 20721 | 19883 | 18418 | 14442 | 8539 | 5023 | 4395 |
| 69 | SASKATOON SASK. (LATITUDE=52.23) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1139 | 936 | 829 | 445 | 233 | 97 | 30 | 54 | 204 | 402 | 714 | [illegible] |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -18.7 | -15.1 | -8.7 | 3.3 | 10.6 | 15.4 | 18.8 | 17.4 | 11.3 | 5.0 | -5.8 | -14.0 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 4186 | 8121 | 13479 | 17121 | 20046 | 22353 | 23525 | 18962 | 13521 | 8288 | 4312 | 3056 |
| 70 | SCHEFFERVILLE QUÉ. (LATITUDE=54.80) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 1261 | 1106 | 1016 | 750 | 529 | 287 | 172 | 227 | 372 | 588 | 803 | 1118 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -22.7 | -21.2 | -14.8 | -6.9 | .9 | 8.5 | 12.6 | 10.8 | 5.6 | -.9 | -8.7 | -18.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 3139 | 7032 | 12935 | 17163 | 17790 | 18921 | 16618 | 14525 | 9544 | 5609 | 3098 | 2302 |
| 71 | SEPT-ÎLES QUÉ. (LATITUDE=50.22) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 989 | 867 | 767 | 549 | 382 | 194 | 95 | 122 | 252 | 436 | 607 | 875 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -13.9 | -12.7 | -6.7 | -.3 | 5.7 | 11.6 | 15.1 | 14.2 | 9.6 | 4.0 | -2.2 | -10.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 4569 | 8177 | 12174 | 15061 | 18254 | 21500 | 18500 | 16677 | 11348 | 7453 | 4081 | 3097 |
| 72 | SHERBROOKE QUÉ. (LATITUDE=45.50) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 917 | 811 | 694 | 434 | 246 | 100 | 47 | 75 | 179 | 343 | 528 | 814 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -11.6 | -10.7 | -4.3 | 3.6 | 10.3 | 15.3 | 17.8 | 16.5 | 12.4 | 7.0 | .6 | -8.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 4814 | 8581 | 13395 | 15697 | 19256 | 21767 | 21139 | 17790 | 14232 | 8791 | 4939 | 4395 |
| 73 | SIMCO QUÉ. (LATITUDE=42.85) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 718 | 644 | 563 | 331 | 185 | 69 | 10 | 20 | 98 | 243 | 430 | 644 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -6.2 | -6.1 | -.3 | 6.7 | 12.3 | 18.1 | 20.3 | 19.4 | 15.8 | 9.9 | 3.9 | -3.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 5358 | 8372 | 12558 | 15697 | 20093 | 23023 | 21976 | 19046 | 15488 | 10046 | 5316 | 4228 |
| 74 | ST JOHN'S T.-N. (LATITUDE=47.57) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | | 674 | 629 | 634 | 507 | 387 | 229 | 98 | 91 | 184 | 337 | 435 | 599 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | | -3.8 | -4.2 | -2.4 | 1.1 | 5.5 | 10.4 | 15.3 | 15.4 | 11.9 | 7.1 | 3.5 | [illegible] |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | | 4204 | 7096 | 10485 | 13427 | 16529 | 19332 | 20209 | 15785 | 12045 | 6865 | 4046 | [illegible] |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | STEPHENVILLE T.-N. (LATITUDE=48.53) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 707 | 674 | 646 | 490 | 346 | 197 | 75 | 67 | 172 | 328 | 447 | 634 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.8 | -5.8 | -2.8 | 1.7 | 6.8 | 11.5 | 15.9 | 16.2 | 12.3 | 7.4 | 3.1 | -2.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 3851 | 7242 | 11511 | 13604 | 17581 | 19046 | 18628 | 14032 | 12139 | 7577 | 3767 | 2930 |
| 76 | SUDBURY ONT. (LATITUDE=46.48) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 982 | 860 | 752 | 452 | 255 | 87 | 33 | 59 | 176 | 348 | 572 | 871 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -13.4 | -12.1 | -6.0 | 3.1 | 10.1 | 16.3 | 18.9 | 17.5 | 12.7 | 7.1 | -.9 | -9.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 5400 | 8707 | 14232 | 16744 | 20511 | 23358 | 22521 | 18837 | 13060 | 8414 | 4395 | 3767 |
| 77 | SWIFT CURRENT SASK. (LATITUDE=50.33) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 991 | 809 | 742 | 429 | 242 | 110 | 33 | 54 | 194 | 370 | 648 | 860 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -13.9 | -10.6 | -5.9 | 3.7 | 10.3 | 14.8 | 18.7 | 17.7 | 11.8 | 6.1 | -3.7 | -9.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 5072 | 8765 | 14329 | 18115 | 21514 | 22935 | 24438 | 20206 | 14364 | 9441 | 5279 | 3832 |
| 78 | SYDNEY N.-É. (LATITUDE=46.17) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 696 | 664 | 633 | 475 | 320 | 158 | 41 | 41 | 130 | 283 | 413 | 605 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.4 | -5.5 | -2.4 | 2.2 | 7.7 | 13.0 | 17.9 | 17.8 | 13.9 | 8.9 | 4.2 | -1.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 4186 | 7577 | 11721 | 14232 | 18628 | 20093 | 19883 | 16953 | 13395 | 8163 | 4144 | 3349 |
| 79 | TERRACE C.-B. (LATITUDE=54.52) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 734 | 536 | 504 | 369 | 244 | 130 | 77 | 90 | 184 | 365 | 534 | 663 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -5.7 | -.9 | 1.8 | 5.7 | 10.2 | 14.0 | 16.2 | 15.6 | 11.9 | 6.3 | .2 | -3.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 2470 | 5191 | 10256 | 14442 | 18418 | 19256 | 17749 | 14609 | 9418 | 4939 | 2512 | 1991 |
| 80 | THE PAS MAN. (LATITUDE=53.82) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1253 | 1026 | 913 | 554 | 322 | 130 | 40 | 74 | 237 | 439 | 766 | 1098 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -22.4 | -18.3 | -11.4 | -.4 | 7.7 | 14.0 | 17.9 | 16.3 | 10.2 | 3.8 | -7.5 | -17.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 3303 | 6892 | 12669 | 18392 | 20345 | 20516 | 20705 | 16714 | 11292 | 6513 | 3224 | 2459 |
| 81 | THOMPSON MAN. (LATITUDE=55.80) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1381 | 1136 | 993 | 619 | 388 | 178 | 97 | 137 | 329 | 573 | 874 | 1225 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -26.2 | -21.5 | -13.6 | -2.7 | 5.7 | 12.3 | 15.3 | 14.0 | 6.6 | -.3 | -11.2 | -21.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 3474 | 7325 | 13186 | 19088 | 21893 | 22395 | 21976 | 15697 | 10465 | 6070 | 3265 | 2177 |
| 82 | THUNDER BAY ONT. (LATITUDE=48.37) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1017 | 877 | 749 | 469 | 301 | 131 | 47 | 71 | 204 | 371 | 616 | 893 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -14.8 | -13.0 | -6.2 | 2.4 | 8.3 | 13.8 | 17.5 | 16.5 | 11.3 | 6.1 | -2.5 | -10.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 3358 | 9209 | 14442 | 18000 | 19883 | 22604 | 23232 | 18711 | 12893 | 8163 | 5065 | 3851 |
| 83 | TIMMINS ONT. (LATITUDE=48.47) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1090 | 944 | 824 | 502 | 299 | 124 | 63 | 98 | 225 | 396 | 647 | 977 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -16.9 | -14.8 | -8.6 | 1.3 | 8.7 | 14.7 | 17.4 | 15.7 | 10.9 | 5.4 | -3.5 | -13.1 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 5232 | 8581 | 14442 | 17246 | 19465 | 22270 | 21349 | 17581 | 12014 | 7325 | 3935 | 3474 |
| 84 | TORONTO INT'L ONT. (LATITUDE=43.68) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 755 | 671 | 587 | 348 | 187 | 48 | 10 | 19 | 98 | 254 | 438 | 667 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.3 | -3.8 | -.9 | 6.4 | 12.2 | 18.2 | 20.7 | 20.0 | 15.7 | 9.8 | 3.4 | -2.5 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 5216 | 8067 | 12044 | 16109 | 19801 | 21851 | 21894 | 18754 | 13930 | 9347 | 4748 | 3864 |
| 85 | TRENTON ONT. (LATITUDE=44.10) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 784 | 683 | 585 | 345 | 177 | 42 | 7 | 17 | 97 | 255 | 437 | 687 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -7.2 | -6.2 | -.8 | 6.6 | 12.4 | 18.2 | 20.8 | 20.1 | 15.7 | 9.8 | 3.4 | -4.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 5358 | 8372 | 12600 | 15697 | 16116 | 23023 | 21976 | 19046 | 14693 | 9418 | 5169 | 4270 |
| 86 | [illegible]URO N.-É. (LATITUDE=45.43) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 764 | 697 | 636 | 446 | 287 | 139 | 38 | 58 | 161 | 313 | 443 | 678 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -5.9 | -4.3 | -2.3 | 3.2 | 8.7 | 13.3 | 17.6 | 16.7 | 12.6 | 7.8 | 3.3 | -2.3 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m$^2$/jour) | 4646 | 8163 | 12349 | 15111 | 18795 | 20930 | 20721 | 17874 | 14149 | 8623 | 4730 | 3935 |

****DONNÉES ASSOCIÉES À DES VILLES CANADIENNES UTILISÉES DANS FCHART****

| | | | JANV. | FÉV. | MARS. | AVR. | MAI | JUIN | JUIL. | AOÛT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 87 | VAL D'OR QUÉ. (LATITUDE=48.05) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1079 | 931 | 827 | 506 | 304 | 121 | 66 | 97 | 219 | 399 | 63[illegible] | 14 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -16.7 | -14.4 | -8.3 | 1.3 | 8.4 | 14.6 | 17.1 | 15.4 | 10.8 | 4.9 | -2.9 | 7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5274 | 8539 | 14860 | 17037 | 19297 | 21976 | 20511 | 17246 | 12223 | 7619 | 4144 | 3642 |
| 88 | VANCOUVER INT' C.-B. (LATITUDE=49.28) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 484 | 383 | 377 | 272 | 174 | 85 | 35 | 40 | 114 | 245 | 358 | 440 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | 2.4 | 4.4 | 5.8 | 8.9 | 12.4 | 15.3 | 17.4 | 17.1 | 14.2 | 10.1 | 6.1 | 3.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 2881 | 5614 | 9956 | 15110 | 20321 | 21814 | 22942 | 18707 | 13452 | 7243 | 3576 | 2279 |
| 89 | VICTORIA INT'L C.-B. (LATITUDE=48.65) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 467 | 375 | 378 | 282 | 191 | 108 | 61 | 65 | 122 | 247 | 353 | 427 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | 2.9 | 4.7 | 5.8 | 8.6 | 11.9 | 14.5 | 16.4 | 16.1 | 13.9 | 10.0 | 6.2 | 4.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3139 | 6279 | 10507 | 16744 | 21014 | 23023 | 23023 | 19046 | 14451 | 7325 | 4228 | 2595 |
| 90 | WHITEHORSE YUK. (LATITUDE=60.75) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1143 | 881 | 798 | 543 | 338 | 171 | 125 | 176 | 307 | 537 | 812 | 1048 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -18.9 | -13.2 | -7.7 | -.1 | 7.1 | 12.4 | 14.1 | 12.3 | 7.8 | .7 | -9.0 | -15.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 1301 | 4005 | 9369 | 15405 | 19882 | 21269 | 19055 | 14729 | 9021 | 4283 | 1662 | 737 |
| 91 | WIARTON ONT. (LATITUDE=44.75) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 765 | 702 | 654 | 392 | 243 | 89 | 29 | 35 | 122 | 264 | 451 | 646 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.6 | -4.8 | -3.0 | 4.9 | 10.3 | 15.8 | 18.7 | 18.4 | 14.6 | 9.6 | 2.9 | -3.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5149 | 8288 | 12474 | 16325 | 21139 | 23232 | 22814 | 19046 | 14232 | 9209 | 4730 | 3767 |
| 92 | WILLIAMS LAKE C.-B. (LATITUDE=52.13) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 873 | 645 | 601 | 410 | 257 | 146 | 86 | 106 | 224 | 408 | 607 | 772 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -10.2 | -4.9 | -4.1 | 4.3 | 9.6 | 13.3 | 15.7 | 14.9 | 10.8 | 5.1 | -2.2 | -6.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 3433 | 6321 | 11428 | 15949 | 19883 | 22437 | 21976 | 18293 | 12888 | 6698 | 3558 | 2944 |
| 93 | WINDSOR ONT. (LATITUDE=42.33) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 691 | 606 | 520 | 295 | 141 | 29 | 3 | 8 | 64 | 204 | 411 | .8 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -4.3 | -3.4 | 1.2 | 8.2 | 14.0 | 19.9 | 22.3 | 21.3 | 17.4 | 11.6 | 4.3 | -2.0 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5191 | 8163 | 12349 | 15907 | 20302 | 22814 | 22604 | 19256 | 15697 | 10674 | 5358 | 4605 |
| 94 | WINNIPEG INT'L MAN. (LATITUDE=49.90) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1126 | 953 | 810 | 441 | 236 | 76 | 21 | 38 | 175 | 356 | 674 | 983 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -18.3 | -15.7 | -8.1 | 3.3 | 10.6 | 16.5 | 19.7 | 18.7 | 12.6 | 6.6 | -4.4 | -13.7 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5234 | 9070 | 14076 | 17574 | 20964 | 22696 | 22985 | 19145 | 13892 | 8238 | 4605 | 3817 |
| 95 | YARMOUTH N.-É. (LATITUDE=43.83) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 641 | 592 | 551 | 401 | 270 | 141 | 55 | 55 | 126 | 252 | 376 | 564 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -2.7 | -2.9 | .2 | 4.6 | 9.3 | 13.3 | 16.4 | 16.4 | 13.9 | 9.8 | 5.4 | -.2 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 5358 | 8791 | 12977 | 15279 | 18628 | 20721 | 20721 | 18670 | 14986 | 8874 | 5400 | 4605 |
| 96 | YELLOWKNIFE T.N.-O. (LATITUDE=62.47) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1445 | 1235 | 1138 | 777 | 435 | 178 | 74 | 126 | 333 | 596 | 967 | 1287 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -28.6 | -25.7 | -18.6 | -7.8 | 4.0 | 12.2 | 16.0 | 14.1 | 6.8 | -1.2 | -14.2 | -23.8 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 1005 | 3935 | 9963 | 18209 | 23860 | 25232 | 20428 | 15697 | 8872 | 4860 | 1256 | 753 |
| 97 | YORKTON SASK. (LATITUDE=51.18) | D-J (BASÉS SUR 18°C) | 1163 | 952 | 853 | 480 | 256 | 102 | 34 | 58 | 211 | 400 | 722 | 1008 |
| | | TEMP. AMB. MOY. (°C) | -19.0 | -15.7 | -9.6 | 2.1 | 9.9 | 15.1 | 18.5 | 17.2 | 11.1 | 5.1 | -4.0 | -14.4 |
| | | RAD. SOL. (KJ/m²/jour) | 4772 | 9209 | 13814 | 18418 | 20511 | 22604 | 23525 | 19465 | 13895 | 8581 | 4521 | 3391 |

VILLES CANADIENNES SUR LESQUELLES
ON POSSÈDE DES DONNEES DANS LE
FICHIER MÉTÉOROLOGIQUE DE FCHART

# ANNEXE C

## Comment accroître les possibilités offertes par FCHART

La version 4.1 de FCHART peut être utilisée de diverses façons pour étudier des installations ou états de fonctionnement qui, à première vue, semblent impossibles à étudier.

### Installation de chauffage de l'eau chaude domestique à réservoir unique

Les installations de chauffage de l'eau chaude domestique à réservoir unique peuvent être étudiées à l'aide de FCHART en définissant une installation imaginaire à deux réservoirs qui joue le même rôle. On suppose que le réservoir auxiliaire de cette installation factice possède une valeur UA (paramètre S5) de la portion du réservoir unique située au-dessus de l'élément de chauffage. On considère que le réservoir de réchauffage possède la même capacité totale (paramètre S1) et le même coefficient de pertes (paramètre S3) que le réservoir unique. Des études effectuées au Solar Lab ont démontré que les performances simulées de l'installation à réservoir unique et de l'installation imaginaire décrite ci-dessus sont sensiblement les mêmes.

### Échangeur de chaleur en tant que partie intégrante d'un réservoir

Tout échangeur de chaleur collecteur-dispositif d'emmagasinement agissant en tant que partie intégrante d'un réservoir peut être être étudié à l'aide de FCHART en définissant le paramètre T1 de façon convenable. Il suffit de poser que ce

paramètre est égal au produit du rendement de l'échangeur de chaleur par le taux de capacité par unité de superficie du collecteur du fluide utilisé dans le collecteur. Ce faisant, on suppose que le rendement de l'échangeur de chaleur est constant, quelle que soit la température d'exploitation. Les résultats d'études effectuées au Solar Lab indiquent qu'il s'agit là d'une bonne hypothèse. Le rendement associé aux échanges de chaleur dans un réservoir est défini comme le transfert de chaleur réel d'un côté à l'autre de l'échangeur de chaleur divisé par le transfert de chaleur lorsque la température du fluide quittant l'échangeur de chaleur est égale à la température dans le réservoir d'emmagasinement.

Crédits d'impôt fédéraux commerciaux

FCHART 4.1 permet à l'utilisateur de tenir compte des crédits d'impôt fédéraux en posant que le paramètre E6 est égal à 1. Toutefois, ce faisant, le taux pour édifices résidentiels (40% pour un maximum de 10 000 $) est utilisé. Si, pour quelque raison que ce soit, les crédits fédéraux diffèrent de ces valeurs de crédit, il faut poser E6=2. Dans la plupart des cas, on peut joindre ces crédits aux crédits provinciaux pour former un tout. Voici la façon de traiter de trois situations typiques:

(1) Si les crédits provinciaux ne s'appliquent qu'à un seul palier, les crédits fédéraux peuvent être ajoutés dans le cadre d'un palier additionnel. Dans un tel cas, E21 devient la somme des crédits fédéraux et provinciaux. E22 est le minimum des limites supérieures pour les crédits

fédéraux et provinciaux. E23 et E24 doivent correspondre aux crédits possédant la limite supérieure la plus forte.

(2) Si les crédits provinciaux s'échelonnent sur deux étapes et que la limite supérieure pour crédits fédéraux correspond à une des valeurs maximales de palier, E21 est égal à la somme des crédits provinciaux de première étape et des crédits fédéraux. En outre, si la limite supérieure pour crédits fédéraux est égale à E24, E23 doit correspondre à la somme des crédits provinciaux de seconde étape et des crédits fédéraux. Si tel n'est pas le cas, E23 ne correspond qu'aux crédits provinciaux de deuxième étape.

(3) Si les crédits provinciaux s'échelonnent sur deux étapes mais que la limite supérieure des crédits fédéraux ne correspond pas à une des valeurs maximales de palier, il faut procéder de façon différente. On peut établir un taux modifié pour crédits d'impôt provinciaux de deuxième étape en utilisant la relation suivante:

$$E23 = \frac{\{\text{total de crédits prov. et fédéraux (\$)}\} - \{\text{crédits provinciaux de première étape (\$)}\}}{(\text{minimum entre E8 et E24}) - E22}$$

La valeur du total des crédits n'étant pas connue à priori, ceci ne peut être utilisé avec les instructions OPTIMIZE et LOOP lorsque les paramètres variables donnent droit à des crédits d'impôt.

Installations importantes

Certains utilisateurs aimeraient bien se servir de de FCHART 4.1 pour étudier de très grosses installations. En raison de contraintes de mise en forme, la valeur de certains

paramètres et résultats imprimés est limitée. Par exemple, une valeur de 100 000 ($pi^2$ ou $m^2$) ou plus comme superficie de collecteur n'apparaîtra pas comme telle dans la liste de paramètres. Les valeurs de 100 000 (GJ ou MMBTU) ou plus d'énergie ne seront pas imprimées correctement dans les tableaux de performances thermiques. Une façon de contourner ce problème est de réduire l'échelle des valeurs des paramètres de l'installation de façon à réduire d'un même facteur les résultats associés à l'énergie et aux coûts. Pour ce faire, on procède de la façon suivante:

(1) Choisir un facteur d'échelle N. Tous les résultats associés à l'énergie et aux coûts seront réduits par ce facteur. En d'autres mots, ces résultats fournis par FCHART seront 1/N fois les résultats attendus. Par contre, les fractions de charge satisfaites par les diverses sources d'énergie ne seront pas réduites de la même façon.

(2) Diviser par N les valeurs des paramètres suivants (si elles sont utilisées pour l'installation étudiée):

C1, T2, T3, S5, D1, L1,
L3, L6, E8, E9

Le coefficient de pertes du réservoir doit être réduit d'une façon quelque peu différente. La valeur réduite S3' est obtenue de la valeur actuelle S3 à l'aide de la relation suivante:

$$S3' = S3/N^{1/3}$$

(3) Puisque la limite supérieure de crédits d'impôt fédéraux a été incluse dans le programme, il faut faire en sorte

que ces crédits ne soient pas utilisés (E6=2). On peut toujours les inclure dans les crédits provinciaux, de la façon décrite plus tôt. Les limites supérieures résultantes de crédits provinciaux, E22 et E24, doivent être divisées par N.

(4) Si l'on utilise une thermopompe, diviser l'énergie absorbée, la capacité et le travail fourni par N.

(5) Si les coûts de combustible sont fournis dans le cadre d'une structure modulaire de taux, diviser par N la valeur du maximum de consommation associé à chaque module.

(6) Pour obtenir les vrais résultats, multiplier par N les résultats qui sont exprimés en tant que valeurs associées à l'énergie ou aux coûts.

POOR

QUALITY

ORIGINAL